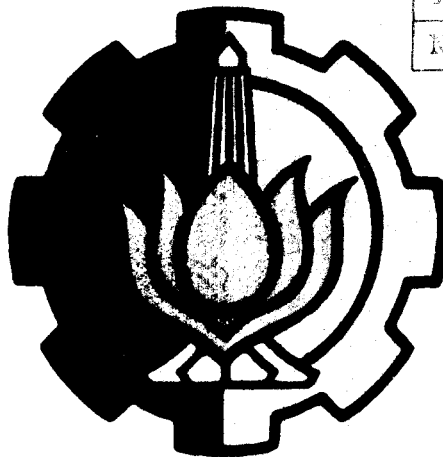


3100097008614

**STUDI PENERAPAN TEKNOLOGI
PERSONAL COMMUNICATION NETWORK
(PCN) DI INDONESIA**

| PERPUSTAKAAN ITS | |
|---------------------|-------------|
| Tgl. Terima | 19 APR 1995 |
| Terima dari | H |
| No. Agenda Prp. | 5215 |



RSE
621.387 8
Dja
S-1
1995

Disusun oleh :

DJASULI

NRP. 2912201781

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1995**

STUDI PENERAPAN TEKNOLOGI PERSONAL COMMUNICATION NETWORK (PCN) DI INDONESIA

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan

Untuk Memperoleh Gelar

Sarjana Teknik Elektro

P a d a

Bidang Studi Teknik Telekomunikasi

Jurusan Teknik Elektro

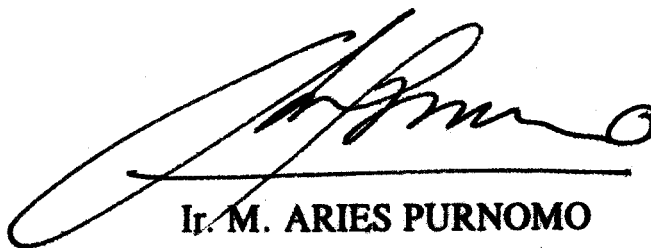
Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

S u r a b a y a

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing,



Ir. M. ARIES PURNOMO

NIP. 130 532 040

SURABAYA

MARET, 1995

ABSTRAK

Tuntutan akan kebutuhan jasa telekomunikasi yang handal dewasa ini semakin mendesak seiring dengan laju pembangunan di Indonesia. Hingga saat ini telah ditemukan teknologi Personal Communication Network (PCN), suatu teknologi yang mempunyai konsep personal. Di mana dengan memakai teknologi tersebut, pemakai akan memperoleh keuntungan yaitu kerahasiaan informasi serta setiap saat, di manapun bisa berhubungan.

Dalam Tugas Akhir dikaji aspek-aspek teknologi yang berkaitan dengan penerapannya di Indonesia. Pada pembahasan tersebut akan dijelaskan teknologi PCN tipe cellular khususnya DCS-1800/GSM.

Metodologi dalam penyusunan Tugas Akhir ini bersifat studi literatur yang terbagi dalam beberapa pokok bahasan yaitu : STB yang ada di Indonesia, Standard PCN untuk penerapannya di Indonesia, Infrastruktur teknologi PCN di Indonesia, Perbandingan PCN dengan sistem lainnya dan Pengembangan telekomunikasi di masa yang akan datang.

Dari hasil studi tersebut dapat disimpulkan, dalam penerapan teknologi PCN di Indonesia berbagai macam standard perlu dipertimbangkan. Penerapan teknologi PCN di Indonesia telah dimulai dengan membangun infrastruktur teknologi tersebut yaitu telah terpasangnya STBC digital GSM dan sentral digital ISDN/EWSD. Penerapan PCN/DCS-1800 sangat efektif pada daerah microcell. Dari hasil perhitungan kapasitas kanal dari PCN diperoleh sekitar 3000 ch./cell.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan Alhamdulillah, segala puja dan puji ke hadirat Allah SWT, karena dengan rahmat dan hidayah-Nya penulis berhasil menyelesaikan penyusunan tugas akhir yang berjudul :

STUDI PENERAPAN TEKNOLOGI PERSONAL COMMUNICATION NETWORK (PCNO DI INDONESIA

Tugas akhir ini dibuat guna memenuhi sebagian persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro, pada bidang studi Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan beban 6 SKS.

Penulis berharap semoga buku tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan diterima sebagai sumbangan pikiran dalam rangka turut serta memikul tanggung jawab pembangunan bagi bangsa dan negara.

Surabaya, nopember 1994

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan penuh ketulusan dan kerendahan hati, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. M. Aries Purnomo, selaku dosen pembimbing I yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyusunan buku ini.
2. Bapak Ir. Achmad Ansori, selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyusunan buku ini.
3. Bapak DR. Ir. Moh. Salehudin, M.Eng.Sc., atas bantuan informasi mengenai buku dan literatur selama penulis dalam menyusun tugas akhir ini.
4. Bapak Ir. Adi Suryanto, selaku dosen wali di tahap sarjana yang telah memberikan bantuan sangat besar bagi penulis selama penulis dalam penyelesaian studi.
5. Bapak Ir. M. Aries Purnomo, selaku Koordinator Bidang Studi Teknik Telekomunikasi JTE-FTI-ITS.
6. Bapak Ketua Jurusan Teknik Elektro beserta segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro ITS yang telah banyak bekal keilmuan.
7. Pimpinan dan staf karyawan P.T Telkom bandung, P.T Telkom Surabaya, LEN Bandung, LIPI Jakarta, P.T. Inti, BPPT, RHP dan lainnya yang tidak bisa disebutkan di sini, atas segala materi pendukung tugas akhir yang telah diberikan.

8. Rekan-rekan : Atang , Charis, Eko, Zaenal, Ani, Kadek, sufyan, Okkie, sigit dan semua penghuni laboratorium B301 dan B304 JTE-FTI ITS yang telah ikut andil dalam membantu penyelesaian tugas akhir ini.

9. Sahabat dan seluruh civitas akademika JTE-ITS yang sangat membantu dalam menyelesaikan tugas akhir.

10. Karyawan JTE-ITS yang secara tidak langsung telah membantu penulis di dalam studi.

11. Ibuku tercinta Hj. Atika yang tidak lupa serta sabar dalam berdoa untuk kesuksesan anaknya.

12. Ibu dan saudara-saudaraku yang secara tidak langsung turut andil dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Semoga atas segala dorongan, bimbingan dan bantuan yang diberikan, mendapat rahmat serta balasan dari Allah SWT. Amien.

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|---------|
| Judul | i |
| Lembar Pengesahan | ii |
| Abstrak | iii |
| Kata Pengantar | iv |
| Ucapan Terima Kasih | v |
| Daftar Isi | vi |
| Daftar Gambar | xi |
| Daftar Tabel | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| I.1. LATAR BELAKANG | 1 |
| I.2. PERMASALAHAN | 4 |
| I.3. PEMBATAHAN MASALAH | 4 |
| I.4. METODOLOGI | 4 |
| I.5. SISTEMATIKA PEMBAHASAN | 5 |
| I.6. TUJUAN DAN RELEVANSI | 6 |
| BAB II PERSONAL COMMUNICATION NETWORK | 7 |
| II.1. DEFINISI | 7 |
| II.2. KONSEP DASAR PCN SEBAGAI STB CELLULAR .. | 9 |
| II.2.1. Konsep Sel Pada PCN | 10 |
| II.2.1.1. Bentuk Sel | 11 |
| II.2.1.2. Eksitasi Sel | 12 |
| II.2.1.2.1. Sel Tereksitasi Dari Tengah | 13 |

| | |
|---|----|
| II.2.1.2.2. Sel Tereksitasi Dari Tepi | 13 |
| II.2.1.2.3. Pemecahan Sel | 14 |
| II.2.2. Frekuensi Reuse (Pengulangan Frekuensi) | 15 |
| II.2.3. Menentukan Daerah Cakupan Suatu Sel ... | 18 |
| II.2.3.1. Rugi-Rugi Propagasi Yang Diijinkan .. | 19 |
| II.2.3.2. Rugi-Rugi Lintasan Jamak | 20 |
| II.2.3.3. Gain Sistem | 22 |
| II.2.4. Fading Lintasan Jamak | 23 |
| II.2.4.1. Delay Spread | 23 |
| II.2.4.2. Rayleigh Fading | 24 |
| II.2.4.3. Penundaan Doppler | 25 |
| II.2.5. Sistem Penomoran | 27 |
| II.2.6. Roaming | 28 |
| II.3. RADIO INTERFACE | 29 |
| II.3.1. Teknik Pengkodean | 29 |
| II.3.2. Teknik Modulasi Digital | 32 |
| II.3.2.1. Modulasi OQPSK Dan MSK | 33 |
| II.3.3. Teknik Pengaksesan | 35 |
| II.3.3.1. Time Division Multiple Access (TDMA) . | 37 |
| II.3.3.2. Code Division Multiple Access (CDMA) . | 37 |
| II.4. FORMULA PERENCANAAN SEL | 39 |
| II.4.1. Hand Off | 39 |
| II.4.2. Carrier To Interference Ratio (C/I) ... | 41 |
| II.4.3. Cochannel Interference Reduction Factor (CIRF) | 41 |
| II.4.4. Pengaturan Frekuensi | 42 |
| II.4.5. Peningkatan Kapasitas Kanal..... | 42 |

| | |
|--|----|
| BAB III IMPLEMENTASI TEKNOLOGI PCN DI INDONESIA | 50 |
| III.1. UMUM | 50 |
| III.2. STB DI INDONESIA | 51 |
| III.2.1. Perkembangan STB Di Indonesia | 53 |
| III.2.2. Pilot Proyek GSM Di Indonesia | 54 |
| III.3. STANDARD PCN UNTUK PENERAPANNYA DI INDO NESIA | 57 |
| III.3.1. Standard DCS-1800/GSM | 57 |
| III.3.1.1. Penentuan DCS-1800 Sebagai Standard | 58 |
| III.3.1.2. Spesifikasi | 59 |
| III.3.2. Standard North American Dual Mode Cel lular (NADC) | 61 |
| III.3.2.1. Aplikasi PCN Dengan Teknologi CDMA | 63 |
| III.4. INFRASTRUKTUR TEKNOLOGI PCN DI INDONESIA | 64 |
| III.4.1. Perencanaan Sel | 65 |
| III.4.1.1. Implikasi Picocell, Microcell Dan Macrocell | 68 |
| III.4.1.2. Analisa Perencanaan Sel | 71 |
| III.4.2. Konfigurasi PCN/DCS-1800 | 75 |
| III.4.2.1. Landasan Teknologi Untuk PCN/DCS- 1800 | 75 |
| III.4.2.2. Elemen Utama PCN/DCS-1800 | 76 |
| III.4.2.3. Jaringan Interface Dan Pengaksesan | 80 |
| III.4.3. Konfigurasi PCN Dengan Sistem Lainnya | 86 |
| III.4.4. Penomoran PCN/DCS-1800 | 87 |
| III.5. PERBANDINGAN PCN DENGAN SISTEM LAINNYA | 88 |
| III.6. PENGEMBANGAN TELEKOMUNIKASI DIMASA YANG | |

| | |
|-------------------------------------|-----|
| AKAN DATANG | 90 |
| III.6.1. Rencana Pengembangan | 91 |
| BAB IV PENUTUP | 93 |
| DAFTAR PUSTAKA | 95 |
| LAMPIRAN | 97 |
| USULAN TUGAS AKHIR | 98 |
| DAFTAR RIWAYAT HIDUP | 102 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|---|---------|
| 1.1. Standard Evolusi PCN/PCS | 3 |
| 1.2. Struktur Komunikasi Personal | 6 |
| 2.1. Arsitektur Personal Communication Network (PCN) . | 8 |
| 2.2. Bentuk Geometri Sel | 12 |
| 2.3. Pola Eksitasi Sel | 13 |
| 2.4. Pemecahan Sel | 14 |
| 2.5. Penerapan Pengulangan Frekuensi | 16 |
| 2.6. Pemakaian Parameter Pergeseran Dengan $i=3$ Dan $j=2$ | 17 |
| 2.7. Rugi Lintasan Jamak Free Space | 20 |
| 2.8. Log Normal Fading | 21 |
| 2.9. Multipath | 21 |
| 2.10. Delay Spread | 24 |
| 2.11. Fading Lintasan Jamak | 25 |
| 2.12. Efek Dopler yang terjadi Pada Lintasan Jamak ... | 26 |
| 2.13. Multipath Delay Equalisation | 27 |
| 2.14. Letak sinyal Multiple Access | 36 |
| 2.15. Hard Dan Soft Handover | 40 |
| 2.16. Cochannel Interference | 44 |
| 2.17. Keadaan Interferensi Pada CDMA | 46 |
| 3.1. Standard evolution Mobile Communication | 52 |
| 3.2. Jaringan Interface Radio Mobile GSM | 55 |

| | |
|--|----|
| 3.4. Trend Mobile Communication Di Eropa | 57 |
| 3.5. Implikasi Menentukan Ukuran Cell | 70 |
| 3.6. Penerapan PCN Dengan Pengulangan Frekuensi | 72 |
| 3.7. Radio Propagasi | 74 |
| 3.8. Elemen PCN/DCS-1800 | 77 |
| 3.9. Konfigurasi Dan Interface PCN/DCS-1800 | 78 |
| 3.10. Gabungan Time Dan Frekuensi Division Multiple Access | 82 |
| 3.11. Timing Proses Komunikasi PCN | 83 |
| 3.12. Speech Codec PCN | 85 |
| 3.13. Interworking GSM Dan DCS-1800 Dengan EWSD | 86 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|--|---------|
| 1.1. Perbandingan Kapasitas Kanal | 2 |
| 2.1. Batas Daerah Cakupan Suatu Sel | 18 |
| 3.1. Tahapan Pengembangan Telekomunikasi Di Indonesia | 51 |
| 3.2. Kondisi GSM Batam-Bintan | 56 |
| 3.3. Perbandingan Cellular GSM Dan PCN | 60 |
| 3.4. Pebandingan Cellular Digital Amerika | 62 |
| 3.5. Karakteristik Teknik GSM Dan PCN | 65 |
| 3.6. Cell Size Dan Radiated Power | 68 |
| 3.7. Kapasitas GSM Dan PCN | 73 |
| 3.8. Perbandingan Karakteristik PCN dan Sistem Lainnya | 89 |

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. LATAR BELAKANG

Sebagai negara yang sedang berkembang, prospek perkembangan sistem telekomunikasi di Indonesia sangat cerah dan kian hari semakin menggaung saja. Kebutuhan akan kualitas pelayanan telekomunikasi yang mudah dan cepat, di mana dan kapanpun di perlukan.

Dari hasil penelitian ditemukan teknologi baru yaitu sistem telepon bergerak/telepon cellular. Sejak pertama kali diperkenalkan tahun 1983, industri sistem cellular mengalami pertumbuhan yang cukup fenomenal. Pertumbuhan ini memang sangat membesarkan hati di satu sisi tetapi di sisi lain menimbulkan beberapa masalah.

Sistem telepon bergerak yang sudah beroperasi di Indonesia menggunakan sistem NMT-450 untuk Sistem Telepon Bergerak Cellular (STBC) dan menggunakan Advanced Mobile Phone System (AMPS) untuk STB-Nasional (STBN) kedua sistem tersebut masih menggunakan teknologi analog yaitu memakai teknik Frekuensi Division Multiple Access (FDMA). Permasalahan yang timbul pada kedua sistem tersebut masih berkisar pada kualitas pelayanan.

Suatu saat nanti pertumbuhan pemakai jasa telekomunikasi khususnya telepon cellular yang demikian

TABEL 1.1
PERBANDINGAN KAPASITAS KANAL

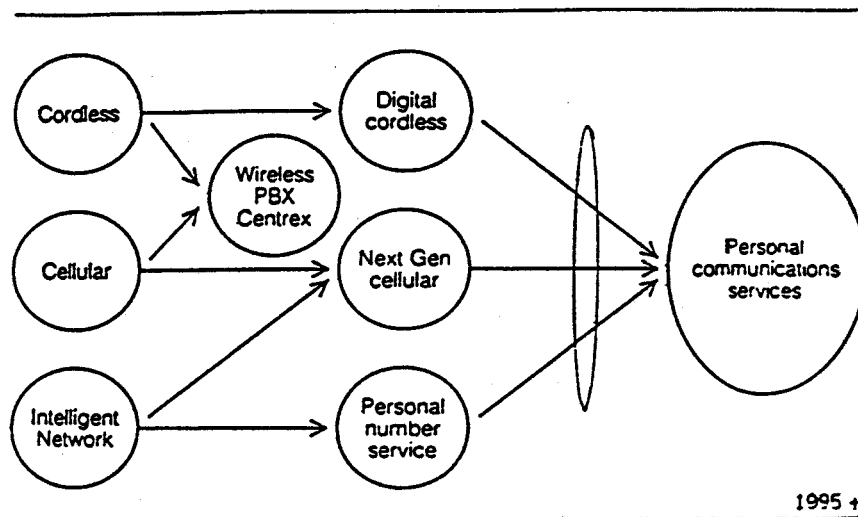
| SPESIFIKASI | STB ANALOG | STB DIGITAL | |
|------------------------------|------------|-------------|------|
| | FDMA | TDMA | CDMA |
| Operating Cellular BW (MHZ) | 12.5 | 12.5 | 12.5 |
| Frequency reuse factor | 7 | 7 | 1 |
| RF channel BandWidth (MHZ) | 0.03 | 0.03 | 1.25 |
| No. of RF Channels | 416 | 416 | 10 |
| No. RF channel Per cell | 59 | 59 | 10 |
| Voice usable RF Ch. per cell | 57 | 57 | 10 |
| Voice call per RF channel | 1 | 3 | 38 |
| No. voice channel per cell | 57 | 57 | 380 |
| Sector per cell | 19 | 57 | 380 |
| Capacity vs Analog | 1x | 3x | 20x |

tinggi kian bertambah seiring dengan laju pembangunan, Sistem AMPS diperkirakan segera tergusur dan mencapai ambang kejenuhan, yang berakibat pada turunnya kualitas pelayanan seperti : cross talk, kegagalan panggilan, kualitas suara serta liputan yang semakin terbatas yang semuanya itu menambah ketidakpuasan konsumen.

Permasalahan di atas pada dasarnya bersumber dari ketidakseimbangan antara spektrum (bidang frekuensi) yang tersedia dengan laju pertumbuhan, kebutuhan dan tuntutan (demand) pemakai jasa tersebut. Untuk itu perlu dicari alternatif teknologi lain yang dipakai untuk menggantikan sinyal pembawa terdahulu. Teknologi yang dirasa cukup menjawab masalah tersebut adalah sistem cellular digital antara lain Global System for Mobile Communication (GSM) sekarang sudah di

operasikan di Indonesia. Sistem cellular digital tersebut memasok teknologi Time Division Multiple Access (TDMA).

Sistem telepon bergerak GSM masih belum sepenuhnya bisa menjawab tantangan di masa yang akan datang hal ini karena belum mampunya GSM memenuhi kapasitas kanal yang diinginkan (lihat tabel 1.1). Teknologi dianggap mampu memperbaiki kualitas pelayanan serta mengatasi permasalahan telepon cellular di masa depan adalah teknologi PCN (Personal Communication Network), hal ini karena teknologi tersebut bisa memakai Code Division Multiple Acces (CDMA) disamping TDMA. Teknologi PCN nantinya akan mampu memberikan kapasitas kanal jauh lebih banyak bila dibanding dengan GSM



GAMBAR 1.1¹⁾
STANDARD EVOLUSI PCN/PCS

¹⁾ R. A. Miska & N. Peshavaria, "Personal Communication :A Matter Of Time Not Technology", Trend In Telecommunications, Vol 8. No. 1, hal. 18.

disamping itu terjaminnya kerahasiaan data yang dikirim. Teknologi PCN merupakan generasi ketiga dari teknologi mobile radio communication adalah perpaduan dari sistem cellular, sistem cordless dan teknologi digital (lihat gambar 1.1).

I.2. PERMASALAHAN

Dari uraian diatas timbul permasalahan yaitu bagaimana penerapan teknologi PCN di Indonesia ditinjau dari segi operasional maupun infrastruktur. Kiranya perlu dikaji serta persiapan apa yang dirasa perlu untuk menyambut era pertelekomunikasian personal secara global yaitu sistem pertelekomunikasian yang universal (Universal Personal Telecommunication, UPT).

I.3. PEMBATAAN MASALAH

Dalam Tugas Akhir ini permasalahan dibatasi pada aspek teknis dari PCN tipe cellular khususnya DCS-1800 terdiri atas Sistem Telepon Bergerak di Indonesia, standard penerapan PCN di Indonesia, infrastruktur teknologi PCN di Indonesia, perbandingan PCN dengan sistem lainnya, pengembangan telekomunikasi di masa yang akan datang.

I.4. METODOLOGI

Metodologi yang dipakai dalam pembahasan ini adalah

metode studi literatur memakai teori-teori yang berkaitan dengan teknologi PCN , sistem cellular digital.

Kemudian dari beberapa literatur tersebut dianalisa dan diolah sehingga terpenuhi tujuan dan relevansi dari penyusunan Tugas Akhir ini serta tentunya hasil analisa dan pengolahan yang telah disajikan tersebut akan dirumuskan ke dalam suatu kesimpulan.

I.5. SISTEMATIKA PEMBAHASAN

Sistematika pemahasan disusun untuk memudahkan pembahasan agar terarah dan terstruktur, sebagai berikut :

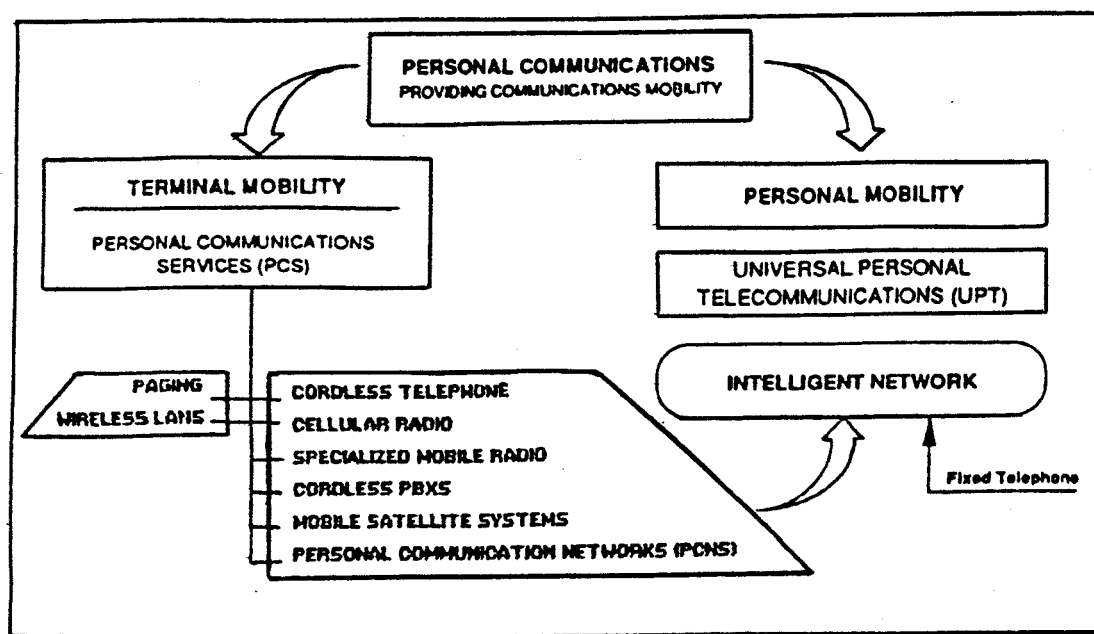
- Bab I : Berupa Pendahuluan berisi latar belakang, permasalahan, pembatasan masalah, metodologi, sistematika pembahasan, tujuan dan relevansi.
- Bab II : Membahas Teori Penunjang tentang PCN berisi tentang konsep cellular, radio interface dan formula perencanaan sel.
- Bab III : Membahas implementasi teknologi PCN di Indonesia.
- Bab IV : Berisi Kesimpulan dan Saran.

I.6. TUJUAN DAN RELEVANSI

Untuk mengetahui dan mempelajari Teknologi PCN tersebut dalam penerapannya di Indonesia. Teknologi PCN yang merupakan bagian dari Personal Communication Service (PCS) nanti-

nya menjadi satu kesatuan dalam Sistem Universal Personal Telecommunication lihat gambar 1.2.

Dan diharapkan selanjutnya buku Tugas Akhir ini dapat dipakai sebagai pengetahuan dan referensi untuk Sistem Jaringan Komunikasi Personal.



Source: ANSI T1P1.3

GAMBAR 1.2²⁾
STRUKTUR KOMUNIKASI PERSONAL

2) Maureen Hugo And Andreu Rubin. , "Personal Communication Network (PCN) : Their Application To NS/EP Telecommunications", IEEE, 1992, hal. 146.

BAB II

PERSONAL COMMUNICATION NETWORK

(PCN)

II.1. Definisi

PCN merupakan kepanjangan dari Personal Communication Network (Jaringan Komunikasi Personal), dua kata yang pertama berarti : suatu revolusi pandangan baru tentang bagaimana seseorang dapat tetap berhubungan satu sama lain, kata terakhir berarti teknologi yang memungkinkan terjadinya revolusi tersebut. Pemikiran yang baru terdapat bahwa telepon saya adalah telepon saya sendiri bukan milik anda dan akan tetap bersama saya kapanpun dan di manapun saya berada. Telepon itu bukan telepon rumah anda , telepon kantor anda atau telepon yang di ujung jalan tetapi telepon yang selalu di dekat dengan anda.

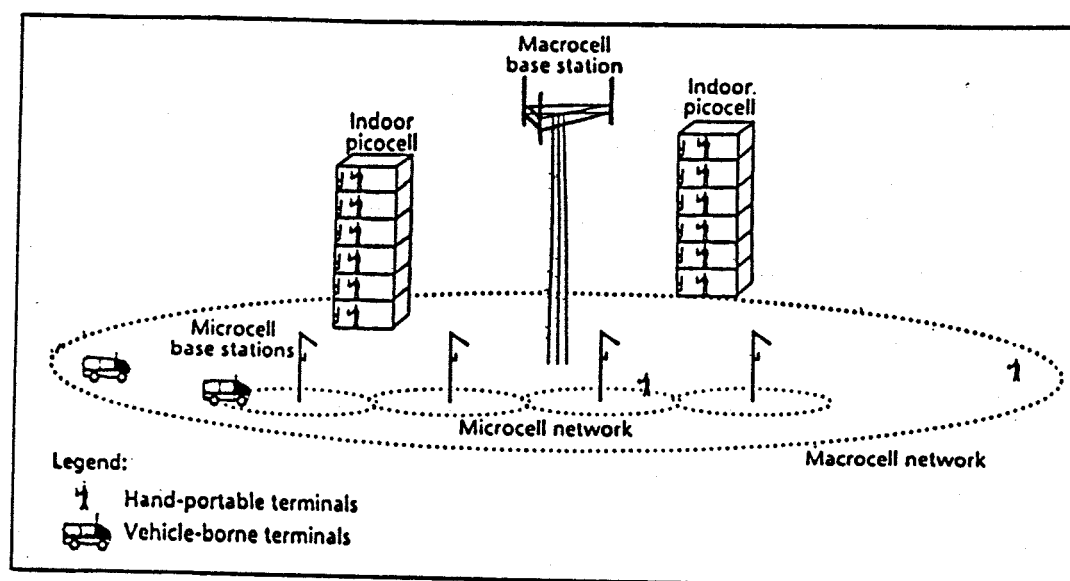
Kalau disusun dari suatu pengertian PCN itu adalah telekomunikasi yang lagi trend mengutamakan :

Masing-masing pribadi (Anyone)

Di setiap tempat (Anywhere)

Di setiap saat (Anytime)

Jadi Personal Communication Network/PCN (Jaringan Komunikasi Personal) merupakan suatu sistem komunikasi baik untuk pengiriman suara maupun untuk data dengan menggunakan



GAMBAR 2.1³⁾
ARSITEKTUR PERSONAL COMMUNICATION NETWORK (PCN)

prinsip radio serta memiliki kerahasiaan informasi serta ber sifat personal/pribadi (terminal selalu berada didekat pema kai/pemilik) yang memiliki daya pemancar yang rendah sam- pai menengah (dalam orde mW sampai W).

Jaringan komunikasi personal ini sebenarnya merupakan suatu konsep penggabungan antara teknologi digital /analog cordless phone dengan jaringan cellular digital (lihat gambar 1.1). Arsitektur dari jaringan komunikasi personal dapat dilihat pada gambar 2.1. Dalam hubungannya antara

³⁾ Stanley Chia, "The Universal Mobile Telecommunications system", IEEE Communications Magazine, Desember 1992, hal. 56.

cordless telephone dengan sistem cellular, terminal daya yang lebih rendah dibandingkan dengan daya yang dipancarkan sistem radio cellular. Agar dapat digunakan suatu peralatan portabel berdaya rendah, di sini dipentingkan untuk menggunakan suatu bentuk picocell dengan jangkauan beberapa ratus meter dibandingkan dengan ukuran sel untuk phone cell yang memiliki satuan kilometer (microcell) (lihat tabel 2.2). Dalam areal perkantoran yang memiliki kepadatan trafik yang lebih tinggi dapat dibutuhkan sel yang lebih kecil dalam hal ini dapat digunakan suatu picocell.

II.2. Konsep Dasar PCN Sebagai STB Cellular

Sistem Komunikasi Radio Bergerak didefinisikan sebagai hubungan komunikasi antara dua pelanggan di mana salah satu atau keduanya bergerak atau diam pada suatu lokasi tertentu dan dihubungkan oleh sebuah terminal tetap yang disebut dengan base station (stasiun tetap)⁴⁾. Definisi tersebut berlaku untuk pelanggan bergerak ke pelanggan bergerak atau dari pelanggan bergerak ke pelanggan tetap dan sebaliknya. Pelanggan bergerak dapat berupa kendaraan darat, kapal laut, pesawat udara maupun komunikasi satelit.

Sistem telepon kendaraan bergerak (STKB) atau sistem telepon cellular merupakan sistem yang banyak diminati pelanggan telepon di dunia, antara lain karena pemakaiannya yang wireless.

⁴⁾ William C. Y. Lee, "Mobile Communication Engineering", Mc Gray Hill Book Co, USA, 1982, hal. 1.

STBC digital ini memakai teknik modulasi digital, dan merupakan generasi ke tiga dari radio cellular. Alasan mengapa dipakainya modulasi digital hal ini karena diperlukannya :

- Efisiensi spektrum
- Proses panggilan yang lebih baik
- Kompatibilitas dengan ISDN dan peralatan I/O digital.

II.2.1. KONSEP SEL PADA PCN

Konsep sel pada PCN sama dengan sistem komunikasi radio mobil. Untuk memahami sistem cellular perlu untuk membahas prinsip dasar dari sistem cellular. Prinsip dasar tersebut adalah mengenai pengertian sel, bentuk dan pola sel yang digunakan serta penggunaan kanal.

Agar tidak terjadi interferensi antar kanal berdekatan perlu diperhatikan dalam penerapan frekuensi reuse agar pemakaiannya seefisien mungkin.

Struktur sel terbagi atas beberapa macam jenis sel antara lain :

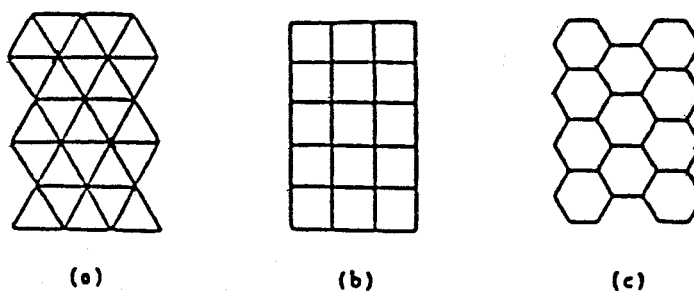
- Large Cell (Macro Cell)
- Small Cell
- Micro Cell, terdiri atas :
 - Satu dimensi
 - Dua dimensi
- Pico Cell, biasa disebut
 - tiga dimensi

- Umbrella Cell

Large Cell diterapkan untuk area yang lebih luas dengan kapasitas traffic rendah (area rural), Large Cell mempunyai radius 10 sampai 30 Km. Small Cell memberikan cakupan high traffic capacity (kapasitas trafik tinggi), mempunyai radius 1 sampai 10 km. Micro Cell dipakai perilaku trafik dengan keadaan extra high traffic capacity (kapasitas trafik sangat tinggi) dengan radius cell 0.75 sampai 8 km. Untuk microcell dua dimensi dipakai pada daerah dengan banyak blok-blok antara lain di sekeliling gedung-gedung tinggi. Untuk satu dimensi microcell di pakai pada daerah sepanjang pelabuhan, jalan raya. Pico Cell atau tiga dimensi Pico Cell dipakai untuk perilaku trafik dengan keadaan extremely high traffic capacity. Radius picocell atau indoor cell 10 sampai 30 meter. Umbrella Cell suatu cluster yang melingkupi diantara microcell dipakai, melayani low traffic capacity (kapasitas trafik rendah) untuk lebih jelasnya lihat gambar 2.1.

II.2.1.1. Bentuk Sel

Daerah pelayanan STKBC terbagi atas sel-sel yang tersusun sedemikian rupa sehingga mencakup seluruh daerah pelayanan. Agar sel-sel tersebut tersusun secara sistematis, maka harus mempunyai bentuk sel yang sama dan beraturan. Terdapat bermacam-macam pola geometri sel yang dikenal yaitu lingkaran, segitiga, bujursangkar, dan segienam beraturan (heksa



GAMBAR 2.2⁵⁾
BENTUK GEOMETRI SEL

a) SEGITIGA SAMASISI b) BUJUR SANGKAR c) HEKSAGON

gonal). Penerapan pola lingkaran untuk mencakup seluruh daerah pelayanan secara teoritis akan mengakibatkan adanya daerah yang tidak tercakup di tengah-tengah daerah pelayanan atau terdapat daerah tercakup oleh lebih dari satu sel (gambar 2.2).

Ada pertimbangan lain yang perlu diperhatikan, bila diasumsikan jarak antara titik pusat dengan sudut masing-masing bangun adalah sama, sehingga secara praktis dapat dikatakan bahwa pola heksagon memiliki luas daerah yang terbesar. Dan dapat dikatakan bahwa pola heksagon memiliki keuntungan karena lebih sedikit sel yang diperlukan untuk meliputi daerah yang luasnya sama. Selain itu juga karena pemakaian pola heksagon secara ekonomis memerlukan investasi yang lebih murah.

II.2.1.2. Eksitasi Sel

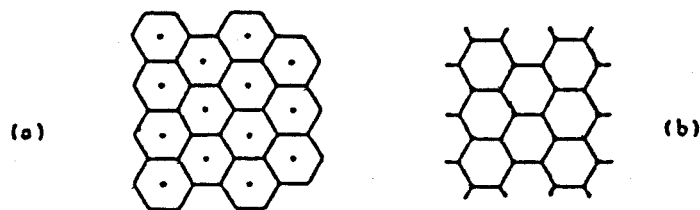
⁵⁾ V. H. Mac Donald, 'The Cellular Concept', The Bell System Technical Journal, Vol. 58, No. 1, USA, January 1979, hal. 20.

II.2.1.2.1. Sel Tereksitasi dari Tengah

Yang dimaksud dengan sel tereksitasi dari tengah adalah pemancaran sinyal dari radio base station dilakukan dari tengah sel. Bentuk ini dapat dilakukan dengan antena yang mempunyai pola radiasi omnidirectional. Umumnya dipakai pada waktu pembentukan sel pertama kali.

II.2.1.2.2. Sel Tereksitasi dari Tepi

Sel tereksitasi dari tepi dilakukan bila kapasitas jumlah pelanggan meningkat sehingga pemakaian sel tereksitasi dari tengah tidak memadai lagi. Pemakaian sel tereksitasi dari tepi menggunakan antena directional dan



GAMBAR 2.3^a
POLA EKSITASI SEL

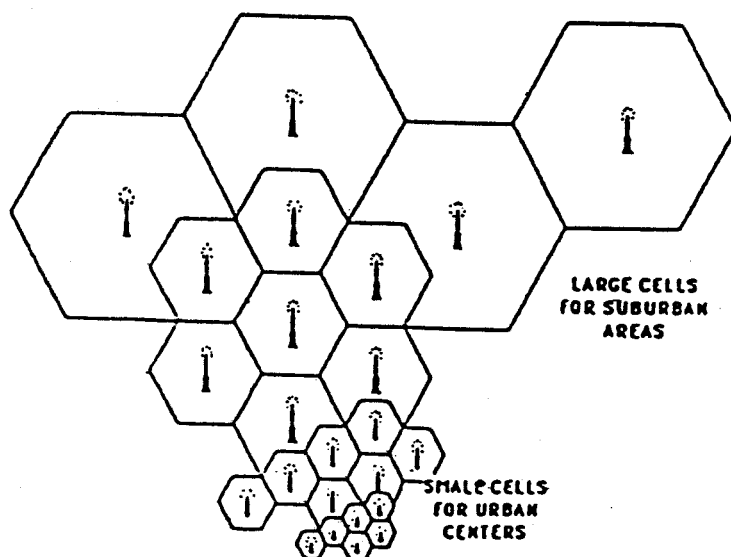
- (a) Sel tereksitasi dari tengah
(b) Sel tereksitasi dari tepi

^a Ibid., hal. 23.

umumnya yang dipakai adalah directional 120° atau 60° . Sehingga dalam satu sel terdapat 3 atau 6 sektor antenna. Gambar 2.3 menunjukkan pola eksitasi sel.

II.2.1.2.3. Pemecahan Sel

Pemecahan sel dilakukan bila terjadi peningkatan jumlah pelanggan dalam sebuah sel sehingga kapasitas kanal dari sel tersebut dirasakan tidak mencukupi lagi (lihat gambar 2.4). Pada largecell terlihat bahwa kapasitas kanal dari masing-masing sel masih mencukupi permintaan pelanggan, tetapi karena adanya penambahan jumlah pelanggan, maka



GAMBAR 2.4⁷⁾
PEMECAHAN SEL

⁷⁾ Michael Paetsch, "The Evolution Mobile Communication In The US And Europe: Regulation, Technology, And Markets", Artech House London, hal. 25.

setiap sel dapat dipecah lagi menjadi sel yang lebih kecil sesuai dengan permintaan jumlah pelanggan. Dalam gambar 2.4. tersebut, terlihat bahwa largecell terbelah menjadi smallcell. Terlihat bahwa seluruh sel secara mendadak terpecah menjadi sel-sel yang lebih kecil. Namun kenyataannya pembelahan sel yang terjadi tergantung pada peningkatan jumlah pelanggan dari masing-masing sel.

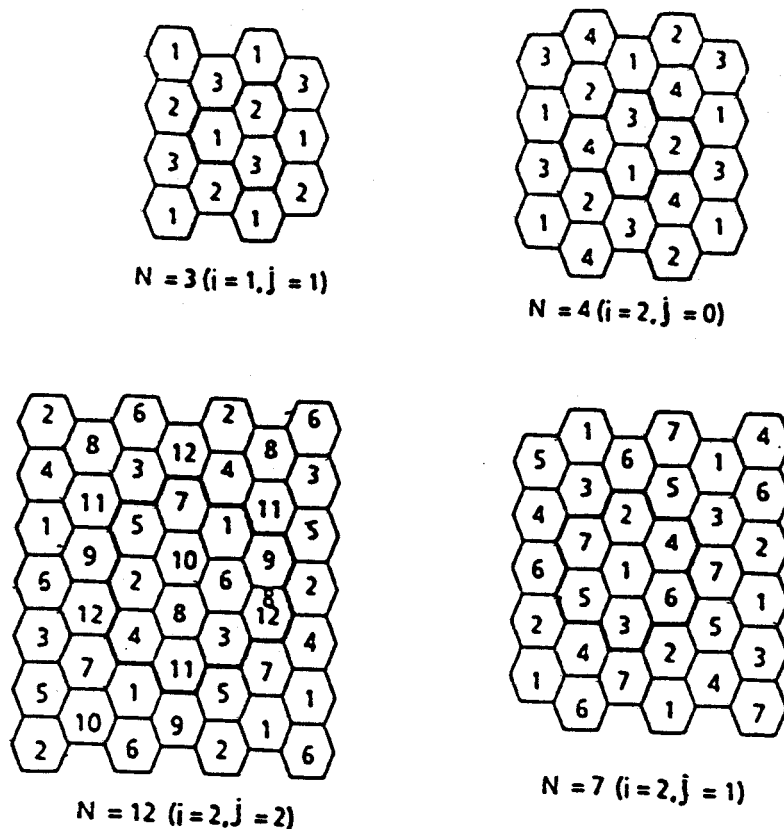
Pemakaian frekuensi untuk sel yang besar dapat diberikan pada sel yang kecil sehingga kapasitas sel besar berkurang. Demikian seterusnya sampai tugas sel yang besar dapat digantikan oleh sel yang kecil.

II.2.2. Frekuensi Reuse (Pengulangan Frekuensi)

Pengulangan frekuensi didasarkan pada penggunaan kanal radio yang mempunyai frekuensi pembawa yang sama untuk melayani daerah yang berbeda, yang terpisah satu sama lain pada jarak tertentu, sehingga interferensi penggunaan kanal bersama tidak berpengaruh.

Permasalahan yang harus dihadapi dalam penggunaan pengulangan frekuensi ini adalah besarnya daya yang memadai yang harus dipakai, sehingga setiap bagian sel dapat terlayani dengan baik.

Sel-sel yang memakai frekuensi sama ditandai dengan angka yang sama. Misalnya 1 dan 2. Satu frekuensi mewakili satu kanal. Pemilihan jarak dari dua sel yang memakai frekuensi sama harus memperhitungkan masalah interferensi.



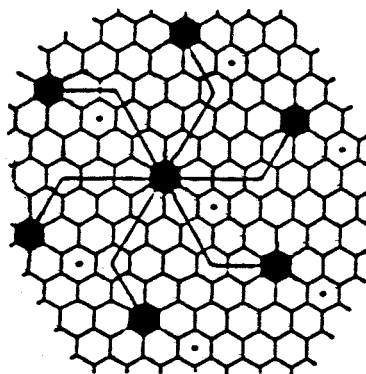
GAMBAR 2. 5⁸⁾
PENERAPAN PENGULANGAN FREKUENSI

Untuk menghindari adanya sel-sel yang mempunyai frekuensi sama dalam penataan antar cluster, maka digunakan parameter pergeseran yaitu i dan j , dimana i dan j ini adalah bilangan bulat.

Proses pemakaian parameter pergeseran adalah sebagai berikut :

- 1) Sel tersebut dipindahkan sepanjang i mengikuti

⁸⁾ ibid, hal. 24.

GAMBAR 2.6²⁾

PEMAKAIAN PARAMETER PERGESERAN DENGAN $i=3$ DAN $j=2$

rantai heksagon, dan digeser dalam arah berlawanan jarum jam sebesar 60° .

- 2) Kemudian sel tersebut dipindahkan sepanjang j mengikuti rantai heksagon dalam arah yang baru.
- 3) Akhirnya sel-sel akan membentuk kelompok baru dengan sel referensi berada di tengah-tengahnya.

Dalam menentukan parameter pergeseran i dan j maka harus menentukan faktor interferensi antar kanal bersama. Untuk itu harga i dan j dapat dicari dari persamaan :

$$N = i^2 + j^2 + ij \quad (2.1)$$

Dimana : i dan j adalah parameter pergeseran , $i > j$

N adalah banyaknya kelompok sel

Sedangkan perbandingan antara jarak antar pusat-pusat sel kanal bersama yang saling berdekatan dengan

²⁾ V. H. Mac Donald, "The Cellular Concept", The Bell System Technical Journal Vol. 58 No 1., USA, Januari 1979, hal. 21.

jari-jari sel adalah :

$$\frac{D}{R} = \sqrt{3N} \quad (2.2)$$

Dimana : D = Jarak antara pusat-pusat sel ber-
sel kanal bersama yang saling berdekatan

R = Jari-jari sel

II.2.3. Menentukan Daerah Cakupan Suatu Sel

Dalam perencanaan sistem telepon cellular, mutlak diperlukan pemahaman faktor-faktor propagasi yang dapat digunakan untuk menentukan daerah cakupan suatu sel.

Federal Communication Commission (FCC) telah memberikan ketentuan mengenai batas cakupan dari suatu sel, yaitu dibatasi oleh suatu kontur yang mengelilingi base station dengan kuat medan tertentu.

besar kuat medan untuk masing-masing area yang dicakup oleh suatu radio base station adalah berbeda-beda.

TABEL 2.1¹⁰⁾
CONTOH BATAS DAERAH CAKUPAN SUATU SEL

| AREA | RECOMMENDED FIELD STRENGTH |
|-----------|-------------------------------|
| Urban CBD | 60 dB $\mu\text{V/m}$ average |
| Sub Urban | 39 dB $\mu\text{V/m}$ average |
| Rural | 34 dB $\mu\text{V/m}$ average |

¹⁰⁾ Neil J. Boucher, "The Cellular Radio Handbook", Quantum Publishing, Washington, 1990, hal. 30.

FCC merekomendasikan tiga batas daerah cakupan yaitu untuk daerah urban Central Business Distric, sub urban dan rural.

Untuk menentukan besar cakupan suatu sel perlu diketahui rugi-rugi yang terjadi baik rugi-rugi yang berasal dari faktor propagasi atau rugi-rugi yang berasal dari sistem itu sendiri. Setelah mengetahui hal tersebut maka dapat kita tentukan besarnya daya yang dipancarkan pemancar, faktor penguatan antena, dan tinggi antena.

II.2.3.1. Rugi-Rugi Propagasi Yang Diijinkan

Batas rugi-rugi propagasi yang diijinkan adalah merupakan jumlah total rugi-rugi yang terjadi, dirumuskan sebagai berikut :

$$L_x = P_t - L_t + G_t - E - L_r \quad (2.3)$$

Dimana :

P_t : Daya pemancar (dBm)

L_r : Rugi-rugi saluran pemancar (dB)

G_t : Rugi-rugi sambungan pemancar (dB)

L_x : Rugi-rugi Propagasi (dB)

E : Kuat medan minimum (dBm)

Untuk formula field strenght dapat diperoleh dari rekomendasi CCIR volume V Rec 525 adalah sebagai berikut :

$$E_m \text{ V/m} = 173 \frac{\sqrt{P_{kw}}}{dkm} \quad (2.4)$$

Di mana :

E_m V/m = Field strength

P_{kw} = Effektif isotropis radiated power

d_{km} = Jarak jangkau

II.2.3.2. Rugi-rugi Lintasan jamak

Rugi-rugi lintasan jamak dapat dijelaskan pada rumus dibawah ini. Untuk rugi lintasan jamak free space diperoleh

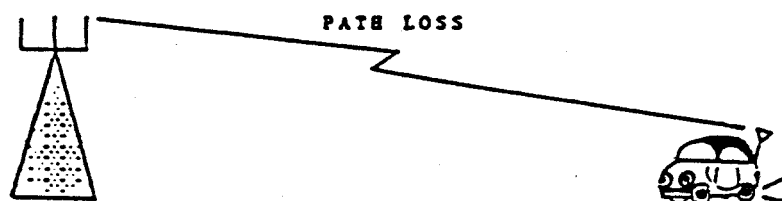
$$P_L = 32.5 + 20 \log f_{MHz} + 20 \log d_{Km} \quad (2.5)$$

Dimnana :

P_L : Path Loss (dB)

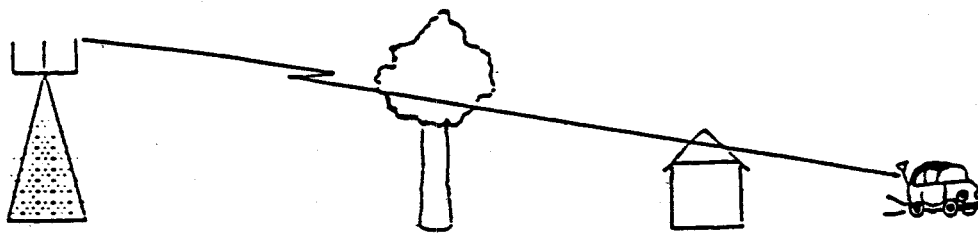
d_{Km} : Jarak antara Base Station (BS) dengan Mobile Station (MS) (Km)

f_{MHz} : Frekuensi Kerja (MHz)

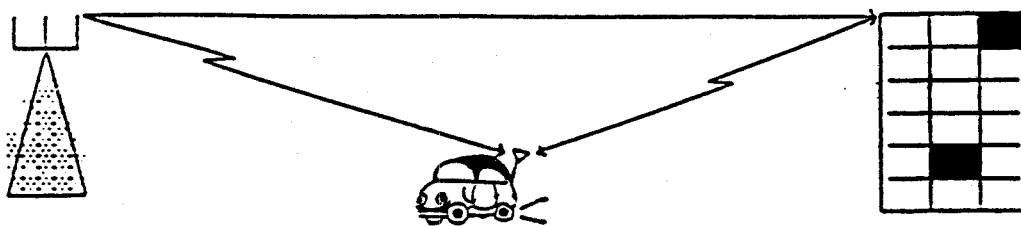


GAMBAR 2.7¹¹⁾
RUGI LINTASAN JAMAK FREE SPACE

¹¹⁾ Ibid., hal. 97.



GAMBAR 2.8¹²⁾
LOG NORMAL FADING



GAMBAR 2.9¹³⁾
MULTIPATH

Untuk ketiga keadaan fading diatas ditentukan dan direkomendasikan dan dijelaskan pada CCIR, 1982 Volume V 567-2 sebagai berikut :

$$P_L = 69.55 + 26.16 \log f_{\text{MHz}} - 13.82 h_1 - a(h_2) + (44.9 - 6.55 \log h_1) \log d_{\text{Km}} \text{ dB} \quad (2.6)$$

Dimana :

h_1 = Tinggi antena base station

h_2 = Tinggi antena penerima

$$a(h_2) = (1.1 \log f - 0.7) h_2 - (1.56 \log f - 0.8)$$

¹²⁾ Ibid., hal. 58.

¹³⁾ Ibid., hal. 58.

II.2.3.3. Gain Sistem

Pada aplikasi wireless access adalah point to multipoint (area), yang mengandung pengertian bahwa subscriber terminal akan ditempatkan di tiap daerah dengan jangkauan yang luas yang masih dijangkau oleh pemancar base station. Dalam kasus yang sederhana pada transmitter omnidirectional maka penerimaan daya akan mengalami penurunan. Dalam ruang bebas sinyal akan mengalami penurunan. Disamping itu adanya pengaruh dari keadaan kabut, hujan sehingga terjadi attenuasi dari sinyal tersebut. Satu hal yang perlu diperhatikan adanya pengaruh lintasan jamak sehingga perlu dirancang gain sistem dari link sistem komunikasi digital.

$$G_s = L_p + F + L_m + L_b - G_r - G_t \quad (2.7)$$

Dimana :

G_s = Gain sistem (dB)

L_p = Free space path loss (dB)

F = Fade margin (dB)

L_m = Loss transmisi line dari waveguide atau coaxial dipakai untuk hubungan radio pada antena (dB)

L_b = Loss percabangan pada filter dan circulator dipakai untuk penggabungan atau pemisah sinyal transmitter dan receiver dalam single antena

G_t = Gain antena transmitter

G_r = Gain antena receiver

II.2.4. Fading Lintasan Jamak

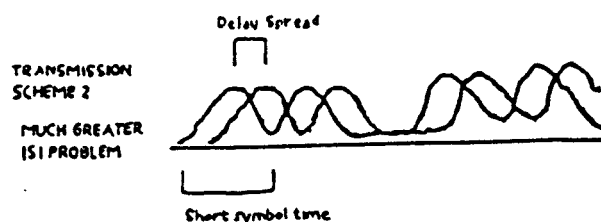
Gelombang radio bisa dipantulkan oleh bukit, bangunan, sebuah truk, pesawat udara atau oleh ketidak kontinyuan dari atmosfer. Akibatnya terjadi beberapa lintasan yang berbeda antara pemancar dan penerima. Efek ini disebut dengan propagasi lintasan jamak. Akibatnya adalah amplitudo dan sudut fase sinyal berbeda dengan sinyal yang dikirimkan.

Propagasi lintasan jamak mengakibatkan beberapa masalah penting dalam kaitannya dengan kondisi bergerak. Tiga masalah yang paling penting akibat propagasi lintasan jamak untuk cellular digital adalah :

1. delay spread pada sinyal yang diterima
2. penundaan fase random yang menyebabkan Rayleigh fading
3. modulasi frekuensi random yang diakibatkan efek Doppler

II.2.4.1. Delay Spread

Delay spread ini menyebabkan sinyal mempunyai beberapa lintasan. Lintasan akibat pantulan lebih panjang dari pada lintasan langsung, sehingga sinyal yang sampai di penerima mempunyai delay tambahan. Dalam sistem digital yang beroperasi dengan laju bit tinggi, delay spread menyebabkan simbol bertumpang tindih dengan simbol sebelumnya ataupun berikutnya, sehingga mengakibatkan intersymbol interference (ISI)



GAMBAR 2.10¹⁴⁾
DELAY SPREAD

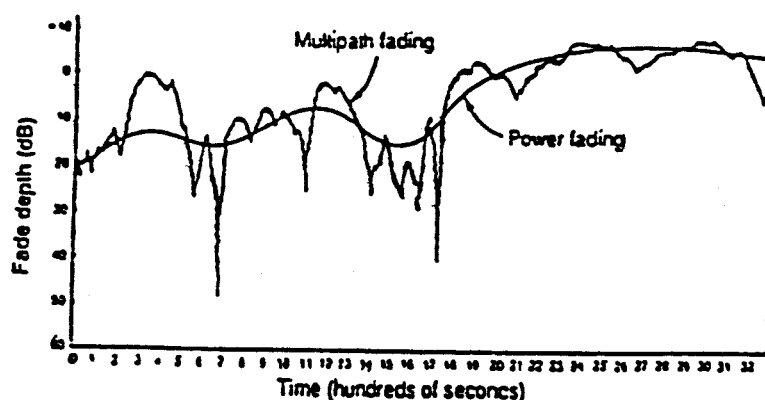
Bentuk delay spread itu tetap, dan tergantung pada frekuensi. Oleh karena itu tingkat ISI dari suatu sumber tergantung pada laju bit transmisi dan level modulasi, dimana berpengaruh pada waktu bit.

II.2.4.2. Rayleigh Fading

Vektor tambahan dari beberapa sinyal dapat menghasilkan sinyal yang sangat terdistorsi, khususnya jika informasinya ditunda dari periode satu simbol ke dalam periode simbol berikutnya. Dalam sistem digital, error transmisi merupakan akibat dari amplitudo yang turun secara drastis dan fluktuasi fase random pada penerima. Distorsi yang dihasilkan dari propagasi lintasan jamak dinamis disebut dengan Rayleigh Fading. Laju fading dapat mencapai 100 Hz bila kecepatan kendaraan pada 120 km/jam pada frekuensi 900 MHz.

Distorsi lintasan jamak ditunjukkan dari kesalahan

¹⁴⁾ William C. Y. Lee, "Mobile Communication Engineering", hal. 40.



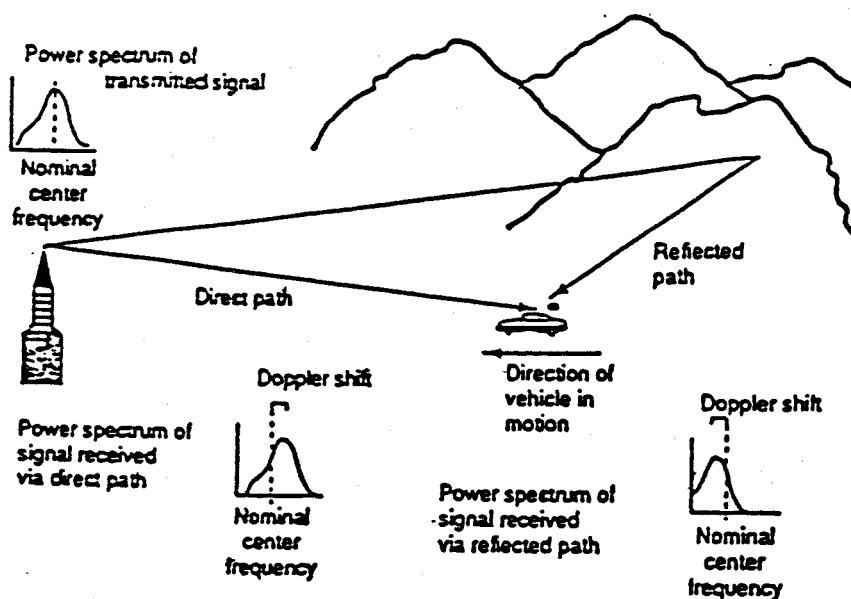
GAMBAR 2.11¹⁵⁾
FADING LINTASAN JAMAK

data yang diterima. Hal ini dapat menjadi masalah yang serius dalam sistem cellular, sehingga pengukuran BER menjadi penting.

II.2.4.3. Penundaan Doppler

Aspek lain dari kanal bergerak disebabkan oleh perpindahan kendaraan secara relatif terhadap pemancar. Variasi frekuensi dari sinyal yang diterima dikenal sebagai penundaan Doppler. Penundaan frekuensi berubah sesuai dengan perubahan arah, kecepatan, dan proses hand off antar sel dari unit bergerak. Hal ini mengakibatkan modulasi frekuensi random pada sinyal bergerak. Lebih jauh lagi penundaan Doppler ini mengakibatkan beberapa lintasan propagasi yang berbeda.

¹⁵⁾ George Calhoun, "Digital Cellular Radio", Artech House, hal. 257.



GAMBAR 2.12¹⁰
EFEK DOPPLER YANG TERJADI AKIBAT LINTASAN JAMAK

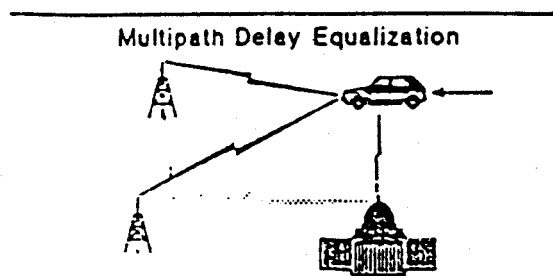
Metode yang digunakan untuk meminimisasi efek lintasan jamak yaitu :

a) laju simbol yang digunakan rendah yaitu pada laju dimana delay delta lebih kecil dari satu periode simbol. Hal ini bisa mengurangi ISI. Umumnya delay lintasan jamak dapat mencapai 20 us untuk aplikasi STKB pada kondisi rural (20 us sampai 50 Kbps).

b) Ekualisasi

Pertama mengestimasi respon impuls dari kanal antara pemancar dan penerima, kemudian mengkontruksikan inverse filter sehingga kanal dengan filter menghasilkan fungsi transfer yang rata.

¹⁰ Ibid., hal. 220.



GAMBAR 2.13¹⁷⁾
MULTIPATH DELAY EQUALIZATION

- c) Menggunakan antena pengarah, tetapi hal ini tidak praktis untuk situasi dimana sinyal lintasan jamak dengan lintasan langsung, atau jika antenanya bergerak.
- d) Menggunakan space diversity. Cara ini memerlukan beberapa antena, atau beberapa penerima. Konsep dari cara ini adalah menyediakan beberapa kanal fisik dengan lokasi antena yang berbeda dan memilih satu sinyal yang terbaik.
- e) Interleave data
- f) Menggunakan pengkodean kanal
- g) Menggunakan frekuensi hopping.

II.2.5. SISTEM PENOMORAN

Konsep penomoran dalam PCN/DCS-1800 STKB sama dengan yang digunakan pada pesawat pelanggan jaringan PSTN. Ciri khusus sistem penomoran pada STKB adalah terdiri dari 9 digit yang tidak ada duanya di Indonesia.

¹⁷⁾ Ray Fried, "Digital Cellular Communication", Hewlett Packard Co., USA, hal. 14.

Penomoran pada jaringan STKB di Indonesia sesuai dengan CCITT Rec.213. Selanjutnya dimungkinkan adanya adaptasi pada pengidentifikasiannya, sehingga mampu melakukan roaming secara nasional maupun internasional seperti yang direkomendasikan CCITT-Rec.212.

Pesawat-pesawat pelanggan dalam jaringan STKB harus dapat dihubungi baik oleh jaringan pelayanan nasional maupun internasional. Sehingga jaringan STKB dicirikan dengan alokasi pada digit A sebagai angka 8. Secara lengkap penomoran dari sistem STKB adalah sebagai berikut :

| | | | | |
|---------|---|------------|---|----------------------|
| Prefiks | + | Kode Akses | + | Nomor pesawat STKB |
| 0 | | 8X | | M1 M2 M3 M4 M5 M6 M7 |

Di mana : * Untuk kode akses

X = 1,... dan X bukan 2 untuk STKB digital (GSM dll)

X = 2, untuk STKB analog (NMT, AMPS, dll)

* Untuk nomor pesawat STKB

M = nomor pesawat terdiri atas 7 digit

II.2.6. ROAMING

Roaming terjadi bila pelanggan bergerak melakukan panggilan ke pelanggan lain melalui MSC yang bukan daerah pelayanannya. Hal ini dapat terjadi bila pelanggan bergerak meninggalkan daerah pelayanannya.

Roaming hanya dapat terjadi diantara sistem yang sama dan mempunyai perjanjian roaming. Roaming antar negara

diadakan melalui suatu perjanjian, dan masalah terbesarnya adalah faktor propagasi dan letak geografis suatu negara.

II.3. Radio Interface

Pada sistem Cellular/PCN aspek radio atau air interface perlu mendapat perhatian khusus, hal ini karena air interface suatu sarana agar bisa terjadi komunikasi antara base station dengan mobile station.

II.3.1. Teknik Pengkodean

Teknik pengkodean adalah teknik yang merubah sinyal analog menjadi aliran bit digital. Sasaran dari pemilihan metode pengkodean adalah :

1. meminimalkan kecepatan data dengan tetap menjaga kualitas suara.
2. menghasilkan unjuk kerja yang masih baik jika terjadi error.

Ada beberapa teknik pengkodean yang umum dipakai yaitu :

1. Pengkodean waveform

Yaitu teknik pengkodean yang mengubah bentuk gelombang analog secara langsung ke dalam aliran bit. Bentuk pengkodean ini ada beberapa macam, yaitu antara lain :

a. Modulasi delta

Teknik ini menghasilkan kecepatan aliran bit yang konstan, dimana bentuk "1" menyatakan input analog naik, dan

bentuk "0" menyatakan input analog turun. Terdapat versi yang lebih tinggi pada modulatnya yaitu Adaptive Delta Modulation dan Continuously Variable Slope Delta Modulator (CVSD). Modulator-modulator CVSD sering dipakai dalam radio militer digital pada kecepatan 16 Kbps tapi dengan kualitas suara yang rendah.

b. Pengkode PCM dan Log PCM.

Sistem ini melakukan proses penyampelan sinyal analog secara periodik dan mengubahnya ke dalam N-bit word. Dan biasanya digunakan dalam jaringan mikro terestrial. Tapi karena kecepatan datanya cukup tinggi (64 Kbps) untuk kualitas suara yang tinggi tinggi, sehingga tidak digunakan dalam radio bergerak.

2. Pengkodean Spektrum.

Tipe ini mengkodekan informasi dari domain frekuensi dan amplitudo. Beberapa tipe pengkodean yang termasuk dalam pengkodean spektrum antara lain :

a. Linier Predictive Coding.

Peramalan linier merupakan dasar yang penting pada teknik pengkodean sumber untuk pendigitalan sinyal-sinyal suara. Pengkode suara LPC didasarkan pada konsep bahwa peramalan suatu cuplikan suara dapat diperoleh melalui penjumlahan linier dari harga-harga cuplikan sebelumnya. Misal keluaran sumber dicuplik pada kecepatan yang sama atau lebih besar dari kecepatan Nyquist dan misalkan cuplikan-cuplikan yang diambil tiap selang waktu tertentu.

Jadi pengkode LPC menentukan dan mengirimkan informasi dalam bentuk deretan digit biner. Pengkode suara ini juga memberikan prakiraan yang baik untuk puncak-puncak spektrum suara dan secara efektif mampu mengikuti perubahan-perubahan pada selubung spektrum, sehingga mampu menghasilkan suara yang lebih alami.

b. VOCODER

Teknik ini bekerja dengan memodekan magnitudo spektrum dari suara dalam beberapa cara dan mengkodekan informasinya untuk ditransmisikan. Karena teknik ini tidak mampu menangkap nuansa yang halus dari sinyal suara, sehingga sinyal yang dihasilkan pada umumnya dapat dimengerti tapi kurang alamiah dan seperti suara mesin. Dengan teknik ini masih mungkin untuk menggunakan data yang rendah seperti 2,4 Kbps.

3. Pengkodean Hibrid

Teknik ini merupakan teknik kombinasi, yaitu antara lain : a. Residual Excited Linear Predictive (RELP) b. Multi Pulse Excitation (MPE) c. Adaptive Predictive Coding (APC) Sinyal suara mempunyai bentuk yang tidak stasioner, sehingga suatu prediktor yang tetap tidak dapat secara efisien meramalkan harga-harga sinyal pada setiap saat. Idealnya koefisien-koefisien prediktor harus berubah dengan adanya perubahan pada selubung spektrum dan perubahan-perubahan pada periode suara.

Teknik ini mencoba mereplika sinyal suara asli

dengan cara tanggapan yang lebih dapat dimengerti dengan kecepatan bit yang terbatas. Hal ini dilakukan dengan mengasumsikan spektrum dari suara tidak berubah selama interval waktu tertentu. Setiap data frame yang ditransmisikan menggambarkan isi spektrum dari sinyal suara diikuti dengan waktu sampling dari gelombang suara yang spektrumnya sangat rata. Pada sebagian kasus, delay M dipilih sama dengan periode pitch atau jumlah integral dari periode pitch.

II.3.2. Teknik Modulasi Digital

Proses modulasi merubah gelombang radio dalam beberapa cara untuk mengkomunikasikan informasi yang diterima dari pengkode. Strategi modulasi dapat dikelompokkan dengan dasar dimana gelombang radio bekerja. Informasi dapat dikodekan sebagai fungsi amplitudo, frekuensi atau fase dari gelombang radio. Modulasi amplitudo digital diketahui sebagai modulasi ASK, tetapi tidak dipakai sebab pengaruh lintasan jamak sangat besar. Sedangkan untuk modulasi FSK, frekuensi yang berbeda menentukan level dalam kode modulasi.

Pendekatan yang paling populer didasarkan pada modulasi fase dari gelombang pembawa. Modulasi PSK mendefinisikan berbagai kondisi fase diskrit yang digunakan untuk membawa informasi digital dari pengkode suara. Sedangkan teknik gabungan yang ada misalnya QAM yang

merupakan teknik yang biasa digunakan pada sistem gelombang mikro point to point sebab mampu menyediakan efisiensi spektral yang tinggi.

Teknik modulasi linier yaitu teknik modulasi yang memerlukan tingkat kelinieran tinggi atau distorsi yang rendah dalam perubahan dari frekuensi baseband ke frekuensi pembawa dan penguatan seluruh level daya yang dikirim. Untuk mencapai linieritas yang tinggi menuntut harga yang tinggi dalam disain unit bergerak. Metode linier menjanjikan efisiensi spektral yang tinggi dibanding dengan metode non linier. Metode linier yang paling penting adalah DPSK, QPSK, dan PSK level yang lebih tinggi.

Penggolongan teknik modulasi lainnya diketahui sebagai 'Constant Envelope' atau 'Continuous Phase Modulation'. Constant envelope menghindari kebutuhan kelinieran sehingga bisa mereduksi harga komponen amplifier. Teknik ini spektrum dayanya cukup sempit, tetapi bagaimanapun efisiensi spektralnya lebih rendah. Teknik constant envelope yang penting adalah MSK, yang merupakan bentuk khusus dari FSK 2 level. MSK dipilih sebab spektrum dayanya sempit dan kemampuan menghindari kelinieran.

II.3.2.1. Modulasi Offset QPSK (OQPSK) Dan Minimum Shift Keying

Untuk pita frekuensi yang terbatas, dua teknik modulasi yang dikenal dengan nama offset quadrature phase

shift keying (OQPSK) dan minimum shift keying (MSK) mempunyai keuntungan tertentu dibandingkan dengan QPSK konvensional. Dalam kanal yang tidak linier, spektral side lobe dari sinyal hasil QPSK cenderung diperbaiki untuk karakteristik awal penyaringan. Tapi dengan OQPSK dan MSK, selubung sinyalnya tetap, sehingga memungkinkan teknik modulasi ini dapat mengantisipasi ketidaklinieran kanal.

OQPSK merupakan modifikasi dari QPSK, modulasi QPSK terdiri dari beberapa macam yaitu :

- a. Offset QPSK (OQPSK)
- b. $\pi/4$ shift QPSK
- c. Differential encoding of QPSK (DPSK)

MSK merupakan kasus khusus dari FSK yang fase kontinyunya dijaga pada perubahan simbol dengan menggunakan perbedaan minimum pada frekuensi pensinyalannya. Macam dari FSK :

- a. Minimum shift keying (MSK)
- b. Sinusoidal FSK (SFSK)
- c. Tamed FSK (TFSK)
- d. Gaussian MSK (GMSK)
- e. Gaussian TFM (GTFM)

MSK juga bisa dianggap sebagai bentuk khusus dari OQPSK dengan membentuk pulsa sinusoidal yang ditempatkan dalam pulsa persegi.

Perbedaan antara teknik modulasi OQPSK dan MSK adalah pada OQPSK ada waktu senggang (time delay) pada

proses modulasi maupun demodulasinya. OQPSK mempunyai sifat tahan terhadap pengaruh sifat kanal yang tidak linier dan mempunyai kecepatan transmisi bit yang tinggi pada daya transmisi yang sama.

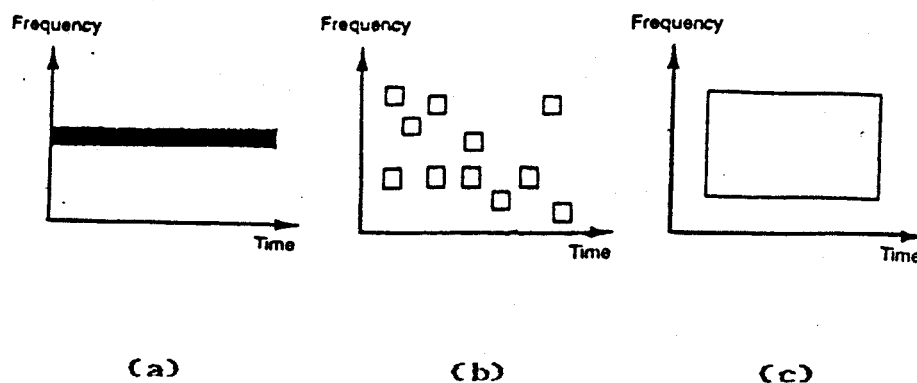
Alasan kedua adalah teknik modulasi ini tahan terhadap sifat kanal yang tidak linier adalah karena keduanya mempunyai selubung (envelope) sinyal tetap. Kedua teknik modulasi mempunyai penampilan probability of error P_e dan efisiensi lebar bidang frekuensi sama (2 bps/Hz) dengan QPSK, tetapi mempunyai kendala yaitu faktor kerumitan peralatan.

II.3.3. Teknik Pengaksesan

Pada sistem komunikasi radio cellular, pengaksesan ini dapat dilaksanakan dengan adanya suatu Multiple Access di mana untuk memungkinkan untuk menghubungkan banyak telepon jinjing (hand held) secara simultan melalui sebuah RBS (Radio Base Station).

Ada beberapa macam teknik multiple access yang dikenal, antara lain :

- a. FDMA (Frekuensi Division Multiple Accesss), di mana pengaksesannya didasarkan atas pemilihan frekuensi.
- b. TDMA (Time Division Multiple Access), dimana teknik pengaksesannya didasarkan atas urutan waktu akses tiap hand held.
- c. CDMA (Code Division Multiple Access), merupakan teknik



GAMBAR 2.14¹⁸⁾
 LETAK SINYAL MULTIPLE ACCESS
 (a) FDMA (b) TDMA (c) CDMA

pengaksesan dengan penyebaran sinyal pada spektrum frekuensi yang digunakan di mana sinyal yang ditransmisikan akan disebarakan secara acak dengan suatu kode tertentu dan akan dibentuk kembali dengan kode tersebut.

Letak sinyal FDMA, TDMA dan CDMA pada bidang sumbu waktu dan frekuensi dapat dilihat perbandingannya pada gambar di atas.

Secara teoritis sistem FDMA, TDMA dan CDMA mempunyai kapasitas yang sama, karena sinyal ortogonal yang dapat dibentuk pada ketiga sistem tersebut adalah sama, bila dihadapkan pada kebutuhan dan keadaan medan sebenarnya akan didapatkan perbedaan dari ketiga sistem tersebut.

¹⁸⁾ Filip Lindell, "Radio Access Technology Evolution", Ericson Review, Vol 3, 1993, hal. 87.

Penulisan berikut akan ditekankan pada TDMA dan CDMA di mana kedua multiple access tersebut yang akan dipergunakan dalam teknologi PCN tersebut.

II.3.3.1. Time Division Multiple Access (TDMA)

Dalam sistem TDMA semua kanal menempati band width dengan frekwensi carrier yang sama dan transmisinya berdasarkan pembagian waktu (Time Division). Jenis modulasi yang digunakan untuk modulasi carrier adalah modulasi digital. Semua radio mobil memancarkan burst-burstnya secara periodik dalam sebuah frame TDMA. Waktu yang dibutuhkan untuk mentransmisikan burst-burst harus disinkronkan secara cermat sehingga tidak terjadi overlap antar burst setelah diterima oleh Base Stasiun, maka sebuah burst akan diolah dan kemudian dikuatkan kembali dan dipancarkan ke sebuah radio mobil yang ada dalam sistem.

Dalam penerapannya sistem TDMA bisa memakai teknik spread spektrum dengan menggunakan Frequency Hopping (FH).

II.3.3.2. Code Division Multiple Access (CDMA)

Teknik CDMA merupakan penerapan dari teknologi spread spectrum, dahulu dipakai untuk keperluan militer tetapi sekarang juga dipakai untuk keperluan komersial antara lain untuk sistem komunikasi cellular, dalam hal ini aplikasi pada komunikasi satelit, sedang pada teknologi PCN masih dalam penelitian. Sistem spread spectrum dapat digunakan

untuk menyelenggarakan komunikasi bagi beberapa pemakai sekaligus pada saat yang bersamaan . Kemampuan ini disebut multiple access. Pada sistem spread spectrum kemampuan multiple access ini diperoleh melalui penggunaan kode yang berbeda-beda untuk setiap pemakai, sehingga kemampuan ini disebut Code Division Multiple Access (CDMA).

Pada CDMA semua pemakai beroperasi secara serentak pada frekuensi nominal yang sama dengan menggunakan seluruh lebar bidang pengulang. Keunggulan yang penting dari CDMA, yang membedakannya dengan FDMA dan TDMA, adalah kebutuhannya koordinasi (frekuensi atau waktu) yang minimal (soft limiting) antar pemakai didalam sistem . Hal ini mengakomodasikan beban puncak pemakaian dengan penurunan kualitas audio yang sangat rendah. Di bawah kondisi ini, dianjurkan untuk mengakomodasi sekitar 20 kali sebanyak jumlah pelanggan pada sistem FDMA . Disamping itu kerahasiaan informasi dapat terjamin karena kemampuan antijaming untuk mengatasi interferensi (baik disengaja maupun tidak disengaja) dan kemungkinan yang kecil untuk disadap oleh pemakai yang tidak berhak. Hal ini karena pemakai tersebut tidak mengetahui kode pemakai tersebut. Selanjutnya CDMA hanya mengalami penurunan yang kecil dalam penampilannya jika jumlah pemakai bertambah, sebaliknya bila jumlah pemakai lebih kecil daripada kemampuan sistem sebenarnya, maka kemampuan antijamnya bertambah besar. Itulah sebabnya mengapa PCN dengan memakai CDMA diharapkan mampu mengatasi permasalahan yang padat trafiknya (urban).

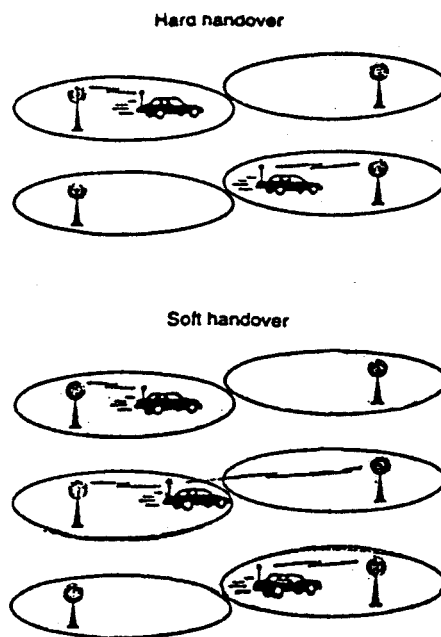
II.4. Formula Perencanaan Sel

Konsep perencanaan sel antara lain bagaimana merencanakan pengulangan rekuensi dalam sel tersebut, konsep tersebut :

- a. Hand off
- b. Carrier To Interference Ratio (C/I)
- c. Cochannel Interferensi Reduction Factor (CIRF)
- d. Pengaturan frekuensi
- e. Peningkatan kapasitas kanal

II4.1. Hand Off

Hand off adalah keadaan di mana mobile station terhenti hubungan dengan base station. Keadaan ini bisa disebut suatu proses pemindahan percakapan pelanggan telepon mobil dari suatu voice channel ke voice channel yang lain tanpa memutuskan percakapan komunikasi. Dalam perancangan sistem cellular perlu diperhatikan teknik hand off. Perencanaan hand off dapat dilakukan dengan merencanakan jaringan sinkronisasi yang sangat cepat yaitu memakai hard hand over dan soft hand over. Teknik handover kebanyakan dipakai saat ini memakai hard handover. Saat mobile station bergerak dari base station ke base station berikutnya maka dengan segera memindahkan kanal base station tersebut ke kanal base station berikutnya, terhenti dalam waktu beberapa ratus millisecond. Pada sistem analog proses pemindahan ini hanya dalam beberapa second. Dalam sistem digital keadaan ini



GAMBAR 2.15¹⁹⁾
HARD DAN SOFT HANDOVER

dapat dikurangi jika masing-masing disinkronkan sistem kerjanya sehingga proses tetap berlangsung meski sedang melewati base station berikutnya, dengan proses sinkronisasi sangat cepat sekali. Dalam hal ini perintah dalam proses handover tidak terdeteksi oleh telinga inilah kelebihan dari PCN.

Pengertian soft handover menerangkan situasi bila mobile dalam batas kontak base station yang ditinggalkan dengan bersamaan itu pula menerima kontak dengan base station yang akan dituju, hal ini terjadi secara simultan

¹⁹⁾ Filip Lindell, "Radio Access Technology Evolution", Ericsson Review, Vol. 3, 1993, hal. 85.

dan sangat halus sekali (lihat gambar 2.15). Prasarat untuk proses soft handover, bahwa sinyal transmisi dari base station yang akan dituju telah disinkronkan terlebih dahulu dengan base station sebelumnya.

II.4.2. Carrier To Interference Ratio (C/I)

Dipakai untuk mengetahui kualitas sinyal sistem radio bergerak, pada sistem analog hanya bisa memakai FDMA, persamaannya sebagai berikut :

$$C/I = \frac{E_b/I_o}{B_c/R_b} \quad (2.8)$$

Di mana :

- E_b = Energi perbit
- I_o = Interferensi power per hertz
- R_b = Bit per second
- B_c = Radio channel bandwidth , hertz

II.4.3. Cochannel Interference Reduction Factor (CIRF)

Minimum jarak antara dua sel yang terpisah, D_s , cochannel interference reduction factor q :

$$q = D_s/R \quad (2.9)$$

R adalah radius sel , nilai q berbeda untuk tiap sistem. Pada sistem analog $q = 4.6$ dengan bandwidth 30 KHz dan $C/I = 18$ dB.

II.4.4. Pengaturan Frekuensi

Rumus formula pengaturan frekuensi adalah sebagai berikut :

$$K = \{D_s/R\}^2/3 = q^2/3 \quad (2.10)$$

Di mana : K = Jumlah sel

II.4.5. Peningkatan kapasitas kanal

Untuk menjelaskan formula perhitungan kapasitas kanal dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Kapasitas Sel Pada FDMA Dan TDMA

Dalam FDMA atau TDMA tiap frekuensi channel atau tiap time slot memberikan satu call (panggilan). Dalam kasus ini cochannel interference akan ditentukan oleh jarak $D_s = qR$. Diasumsikan ada 6 cochannel (lihatgambar 2.16) dan keempat daya pancar mengalami rugi lintasan.

Kapasitas sel FDMA dan TDMA dapat diperoleh dengan rumus :

$$m = \frac{B_t/B_c}{K} = \frac{M}{\sqrt{\left[\frac{2}{3}(C/I)_s \right]}} \quad (2.11)$$

Di mana : m = Kapasitas radio

B_t = Total band width (transmisi atau receive)

B_c = Band width kanal (transmisi atau receive)

B_{ss} (BW untuk spread sepectrum)

$M = B_t/B_c$; Total jumlah kanal

$(C/I)_s$ = Minimum (C/I) perkanal atau pertime slot

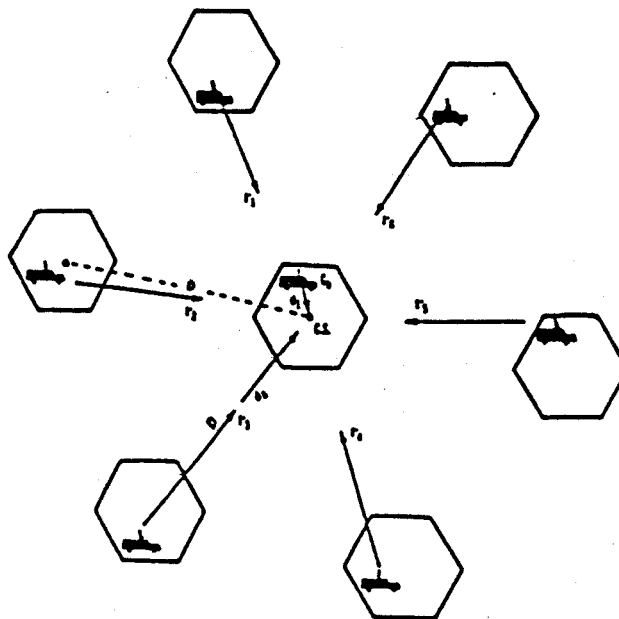
Pada persamaan diatas dipakai untuk sistem FDMA analog dan FDMA digital. Dalam sistem TDMA, B_c sama dengan band width kanal sebagai contoh band width kanal radio sebesar 30 KHz sama dengan 3 time slot maka band width kanal radio $B_c = 10$ KHz. Untuk itu minimum $(C/I)_s$ tiap time slot sama dengan $(C/I)_s$ kanal TDMA (lihat persamaan 2.11).

2. Kapasitas Sel Pada CDMA

Pemakaian CDMA dipakai trafik kapasitas tinggi. Untuk cellular yang memakai CDMA, ada dua nilai CIRF. Pertama, CIRF dengan sebutan adjacent CIRF (CIRF berdekatan), yaitu $q_a = D_s/R = 2$. CIRF berdekatan ini diartikan bahwa kanal radio yang sama dapat dipakai dalam seluruh sel yang berdekatan. Kedua CIRF dengan sebutan Self CIRF, $q_s = 1$. CIRF ini diartikan sebagai perbedaan code sequence yang dipakai kanal radio yang sama mempengaruhi trafik kanal yang berbeda (lihat gambar 2.16), menjelaskan konfigurasi kedua CIRF. Dengan nilai CIRF yang terkecil, maka didapatkan pemakaian frekuensi secara efisien :

a. Kebutuhan $(C/I)_s$ dalam cellular CDMA :

$(C/I)_s$ dapat diperoleh dari persamaan (2.11) yang mempengaruhi nilai E_b/I_o yang diukur pada base band dan



GAMBAR 2.16²⁰⁾
COCHANNEL INTERFERENCE

menentukan suatu kualitas suara. Sebagai contoh, vocoder rate $R_b = 8$ kb/s dan total band width kanal $B_t = 1.25$ MHz, sehingga diperoleh E_b/I_o :

$$E_b/I_o = 7 \text{ dB} \quad \text{jika } (C/I)_s = 0.032$$

$$E_b/I_o = 4.5 \text{ dB} \quad \text{jika } (C/I)_s = 0.01792$$

b. Tanpa Pengaturan Power (Daya)

Nilai minimum C/I diperoleh sebagai berikut :

$$(C/I)_s = \frac{1}{3.3123M-1} \quad (2.12)$$

²⁰⁾ William C. Y. Lee, "Overview Of Cellular CDMA", IEEE Transaction On Vehicular Technology, Vol. 40, No. 2, may 1991, hal. 291.

Bila : $(C/I)_s = 0.032$ maka $M = 9,736$

$(C/I)_s = 0.01792$ maka $M = 17.15$

Dan perbandingan kapasitas kanal tiap sel :

$$m = M/K \text{ traffic ch./cell} \quad (2.13)$$

Dan bila memakai adjasent CIRF $q_a=2$, maka $K=1.33$ sehingga :

Untuk :

$$E_b/I_o = 7 \text{ dB} \quad \text{maka } m = M/K = \frac{9.736}{1.330} = 7.32 \text{ traffic ch./cell}$$

$$E_b/I_o = 4.5 \text{ dB} \quad \text{maka } m = M/K = \frac{17.15}{1.330} = 12.9 \text{ traffic ch./cell}$$

c. Dengan Pengaturan Power

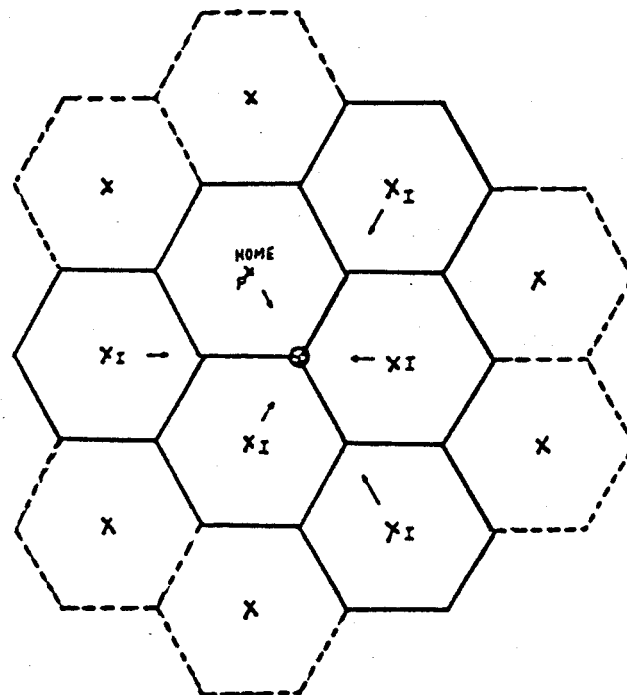
Dengan pengaturan daya kapasitas radio bisa ditambah. pengaturan daya dipaka pada forward link pada tiap sel dapat mengurangi interferensi sel-sel yang berdekatan. Tanpa interferensi yang dibangkitkan dalam sel, nilai M bertambah. Pada persamaan (2.12), nampak bahwa jika interferensi diabaikan (seperti yang terlihat gambar 2.17) sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$(C/I)_s = \frac{1}{M-1} \quad (2.14)$$

Untuk : $(C/I)_s = 0.032$ maka $M = 30.25$

$(C/I)_s = 0.01792$ maka $M = 54.8$

Bila total daya dikurangi pada cakupan sel, $(C/I)_s$ terminal mobile pada jarak R yang ada di lingkaran sel diperoleh :



GAMBAR 2.17²¹⁾
KEADAAN INTERFERENSI PADA CDMA

$$(C/I)_s = \frac{P_R}{P_R \cdot 1.05M} = \frac{1}{1.05M} \quad (2.15)$$

Nilai M dan m dapat diperoleh dari persamaan (2.15) untuk kasus pengaturan daya :

Bila :

$(C/I) = 0.032$ (-15 dB) maka $M = 18.87$ dan $m = 14.19$.

$(C/I) = 0.01792$ (-17 dB) maka $M = 23.7$ dan $m = 28.33$

Jika power dinaikkan dari $P_t = P_R(M/2)$ menjadi :

²¹⁾ Ibid., hal. 297.

$$P_t = P_R K R^2/4 [1 + (r_0/R)^2]$$

Bila : $r_0/R = 0.55$, $(r_0/R)^2 = 0.0913$

$$P_t = P_R K R^2/4 [1 + 0.0912]$$

$$= 1.0913 P_R K R^2/4$$

$$= 1.0913 P_R (M'/2)$$

$$P_t = \frac{P_R 1.0913 M'}{2}$$

$$P_R (M/2) = \frac{P_R 1.0913 M'}{2}$$

$$M' = \frac{M}{1.0913} \quad (2.16)$$

Bila : $(C/I)_s = 0.032$, $M = 18.87$ maka $M' = 17.3$

sehingga : $m = M'/K = 17.3/1.33 = 13$

Bila : $(C/I)_s = 0.1792$, $M = 33.7$ maka $M' = 30.3$

sehingga : $m = M'/K = 30.3/1.33 = 25.96$ (2.17)

Pengurangan interferensi near-far ratio pada CDMA, semua kanal trafik dibagi dalam perbandingan kanal radio. Bila interferensi sel berdekatan diabaikan maka diperoleh C/I :

$$C/I = \frac{1}{M - 1} \quad (2.18)$$

C/I pada persamaan (2.18) akan lebih besar atau sama dengan pada persamaan (2.17) sehingga diperoleh :

$$C/I \geq (C/I)_s \quad (2.19)$$

Dari persamaan (2.18) dan persamaan (2.17) :

Untuk : $(C/I)_s = 0.032$ (-15 dB) maka $M = 30.25$ dan $m = 22.74$

Untuk : $(C/I)_s = 0.01792$ (-17 dB) maka $M = 54.5$ dan $m = 41.2$

Analisa perhitungan perbandingan kapasitas kanal :

Total bandwidth $B_t = 1.25$ MHz

Bandwidth kanal CDMA $B_{ss} = 1.25$ MHz

Bandwidth kanal yang dipakai TDMA $B_c = 30$ KHz

Bandwidth kanal FDMA $B_c = 30$ KHz

a. Kapasitas kanal pada FDMA :

Total jumlah kanal :

$$M = B_t / B_c = \frac{1.25 \text{ M}}{30 \text{ K}} = 41.6 \text{ channel}$$

Cell reuse pattern $K = 7$, maka kapasitas radio :

$$m_{\text{FDMA}} = M/K = \frac{41.6}{7} = 6 \text{ ch./cell}$$

b. Kapasitas kanal pada TDMA :

Total jumlah kanal :

$$M = B_t / B_c = \frac{1.25 \text{ M}}{30 \text{ K}} = 41.6 \text{ channel}$$

Banyak time slot yang dipakai 3 sehingga :

Total jumlah kanal = $41.6 \times 3 = 125$ channel

Pola pengaturan Sel (Cell reuse pattern) $K = 4$, maka kapasitas radio :

$$m_{\text{TDMA}} = M/K = \frac{125}{4} = 31.25 \text{ ch./cell}$$

c. Kapasitas kanal pada CDMA :

Bila dengan adjacent CIRF $q_a = 2$ sehingga $K=1.33$

Bila dengan memakai pengaturan daya :

Untuk $E_b/I_o = 7$ dB ; $R_b = 8$ kb/s; $B_c = B_{ss} = 1.25$ MHz maka :

$$\begin{aligned}(C/I)_s &= C/I = E_b/I_o * R_b/B_c \\ &= \frac{5.01 * 8K}{1.25M} = 0.032\end{aligned}$$

$$(C/I)_s = \frac{1}{1.656M}$$

$$M = \frac{1}{1.656 * 0.032} = 18.87 \text{ channel}$$

Jika power mengalami peningkatan jumlah kanal menjadi
(dari persamaan 2.16) :

$$\begin{aligned}M' &= \frac{M}{1.0913} \\ &= \frac{18.87}{1.0913} \\ &= 17.3 \text{ channel}\end{aligned}$$

Maka kapasitas radio :

$$\begin{aligned}m_{CDMA} &= \frac{M'}{\sqrt{[2/3(C/I)_s]}} \\ &= \frac{17.3}{\sqrt{[2/3 * 0.032]}} \\ &= 118.38 \text{ ch./cell}\end{aligned}$$

Sehingga diperoleh perbandingan kanal :

$$\begin{aligned}m_{CDMA} &= 118.38 \\ &= 20 * m_{FDMA} \\ &= 4 * m_{TDMA}\end{aligned}$$

BAB III

IMPLEMENTASI TEKNOLOGI PCN DI INDONESIA

III.1. Umum

Dalam penerapan teknologi PCN di Indonesia PT. Telkom telah menyusun strategi pembangunan telekomunikasi di Indonesia antara lain yaitu pengembangan teknologi komunikasi bergerak (Mobile Communication) menuju perwujudan Universal Personal Telecommunication (UPT). Untuk itu PT. Telkom menyusun tahapan Pengembangannya seperti terlihat tabel 3.1 . Sehubungan dengan pengembangan teknologi tersebut PT. Telkom merencanakan pada akhir tahun 2000, 100 % teknologinya memakai sistem digital²²⁾.

Teknologi PCN memakai standard yang berbeda pada masing-masing negara khususnya negara-negara eropa dan negara Amerika . Di mana negara-negara Eropa memakai Standard DCS-1800/GSM sedang negara Amerika masih belum jelas standard yang dipakai (lihat gambar 3.1).

Penerapan teknologi PCN di Indonesia jika memakai standard DCS-1800/GSM hal ini beralasan atas pertimbangan telah dioperasikannya STBC digital GSM di Batam . Penerapan teknologi GSM ini ditentukan oleh menristek dan ditetapkan oleh Dirjen Postel dengan ketetapan Nomor 4243/Dirjen/1993

²²⁾ ———, "Telekomunikasi Jembatan Kesenjangan Pembangunan Nasional", PT. Telkom, Bandung, 1991, hal. 43.

TABEL 3.1²³⁾

TAHAPAN PENGEMBANGAN TELEKOMUNIKASI DI INDONESIA

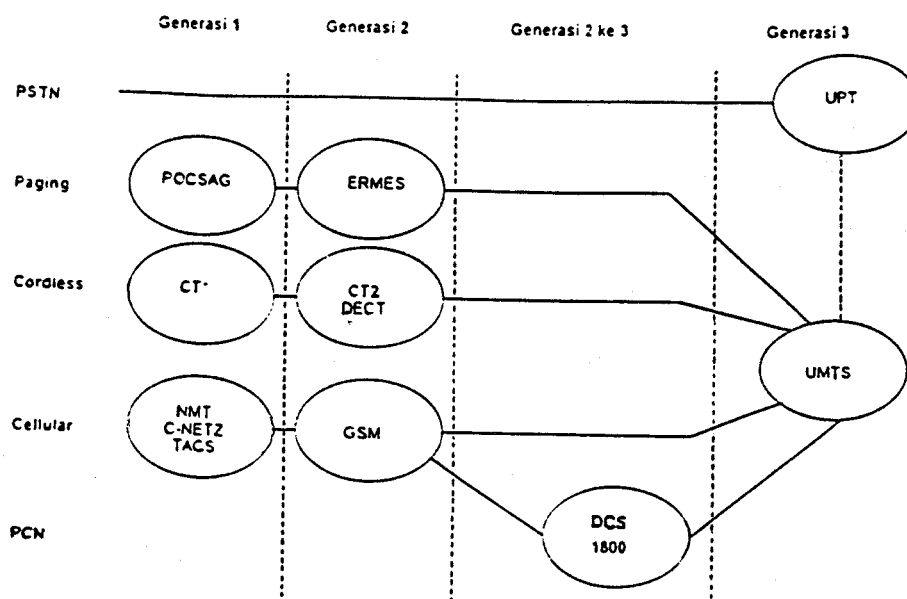
| TAHAPAN | TEKNOLOGI |
|--------------|--|
| AKSELERASI | DIGITALISASI |
| 1990 - 2000 | 1. GENERASI B/C 2. SKSD ANTAR PULAU BESAR 3. 70 X ISDN (NARROW BAND) 4. INTELLIGENT TECHNOLOGY 5. CELLULAR ANALOG, PAGING ANALOG |
| PENGEMBANGAN | WIRELESS ACCESS |
| 2000 - 2010 | 1. GENERASI C 2. SKSD ANTAR PULAU 3. 70 X ISDN (NARROW BAND) 4. CELLULAR DIGITAL DAN PCN |
| KEMANDIRIAN | IMAGE COMMUNICATIONS |
| 2010 - 2020 | 1. GENERASI D 2. SKSD SEBAGAI BACK BONE 3. ISDN BROAD BAND 4. INTELLIGENT TECHNOLOGY 5. UNIVERSAL PERSONAL TELECOMMUNICATION (UPT) |

tanggal 14 Oktober 1993. Dan dengan ditetapkan pulau Batam sebagai lokasi pilot proyek GSM di Indonesia, hal ini dilandasi atas pertumbuhan ekonomi kawasan Sijori, di mana negara-negara pada kawasan tersebut telah mengoperasikan GSM. Pertimbangan atas GSM ini karena sistemnya kompatibel dengan sistem yang telah ada, EWSD, NEAX dan 5-ESS.

III.2. STB Di Indonesia

STB yang ada di Indonesia dapat dikelompokkan dalam

²³⁾ Ibid, hal. 49.



GAMBAR 3.1
STANDARD EVOLUSI MOBILE COMMUNICATION

beberapa bagian yaitu :

1) Non Cell :

- a. STKB INTI Single Zone
- b. STKB INTI Multi Zone

2) Cellular :

a. Analog Cellular :

- STB-C (NMT-450)
- STB-N (AMPS)

b. Digital Cellular :

- GSM

Masing-masing STB di atas sebagian sudah tidak beroperasi seperti STB Non Cellular hal ini kemampuannya

sudah tidak sesuai dengan perkembangan pembangunan di Indonesia. Sedangkan STB Cellular sebagai pengganti STB Non Cellular. Untuk STBC ini mengalami perkembangan yang cepat yaitu sejak dipakainya sistem digital. Di Indonesia STBC digital yang sudah dioperasikan adalah STBC GSM sedangkan sistem yang lainnya masih dalam tahap rekayasa. Untuk itu dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis memperkenalkan STBC digital yaitu STBC digital PCN khususnya DCS-1800.

III.2.1. Perkembangan STB Di Indonesia

Telepon bergerak di Indonesia diawali sistem non cellular. Sebuah sistem yang hanya mampu mengkafer wilayah seluas jangkauan (power) yang dimiliki pemancar (base station). Luas wilayah yang terkafer sekitar radius 30-50 Km. Penigkatan dari sistem ini adalah sistem multi zone.

Perkembangan berikutnya adalah sistem cellular, sistem ini mampu mengkafer wilayah yang jauh lebih luas di mana ada base yang saling berhubungan. Sehingga bila satu base station penuh, maka dapat dialihkan ke base station yang lain. Inilah keuntungan sistem sel yang saling berhubungan antar base station. Antar sentralnya (MSC) yang terdiri dari sejumlah base station bila berhubungan (roaming). Khusus sistem cellular itu perkembangan dimulai dengan Nordic Mobile Telephone (NMT450) tahun 1981, kemudian berkembang dengan Advanced Mobile Phone System (AMPS - 800) tahun 1983, Total Access Celular System (TACS) tahun 1985.

NMT900 tahun 1986, NMT-900 tahun 1986 , Extended Bands TACS/AMPS-900 tahun 1988, GSM-900 dan American Digital Cellular (ADC) tahun 1991, Digital Cellular System (DCS)-1800/PCN dan Japanes Digital Cellular (JDC) tahun 1992 dan Digital Cellular Enhancement tahun 1993.

Untuk Indonesia sendiri sistem Telephone Non Cellular meliputi STKB INTI Single Zone dan Multi Zone. Kedua sistem ini berangsur-angsur akan dihilangkan . Untuk cellular, yang analog meliputi STBC dengan sistem NMT450, STBN AMPS dan lainnya seperi sistem TACS, ETACTS, NMT900 tidak digunakan di Indonesia. Untuk sistem cellular, Indonesia memilih GSM yang mengacu pad sistem Eropa bersatu (PAN European). Sistem ini tidak saja bisa roaming nasional seperti STBN, tetapi juga roaming antar negara.

III.2.2. Pilot Proyek GSM Di Indonesia

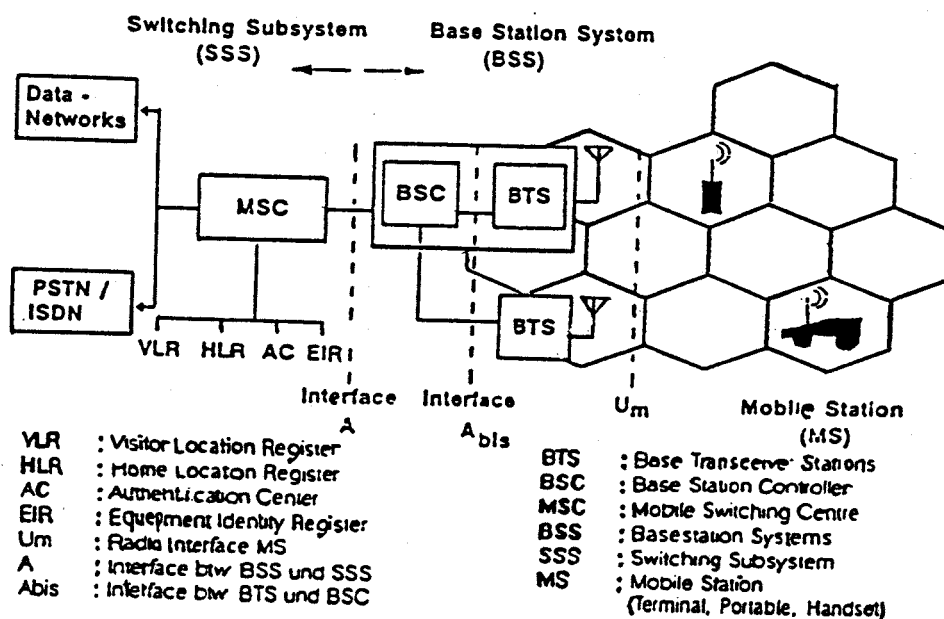
Telah diterangkan di atas bahwa pilot proyek GSM di Indonesia ada di pulau Batam dan pulau Bintan, bahwa kawasan tersebut merupakan kawasan dengan pertumbuhan industri yang cukup tinggi. Untuk lebih jelasnya dapat disusun rencana per timbangan GSM Batam-Bintan :

1. Rencana perkembangan segita SIJORI
2. Roam ke Singapore GSM dengan SS 7
3. Melihat adanya tiga sistem yang ada :- AMPS (NEC)
 - ETACS (ERICSSON)
 - GSM (ERICSSON)

4. Unjuk kerja high quality
5. Low price out station
6. Mode service untuk ASEAN
7. International roaming
8. National project

Pilot proyek STBC GSM batam-bintan dengan memakai switching Siemens dan radio (BSC,BTS) Ericson.

Target pencapaian pembangunan proyek STBC GSM Batam-Bintan. Pertama 1 januari 1994 telah dapat dilakukan mobile to mobile communications, kedua 1 april 1994 harus telah terintegrasi dengan PSTN (lihat gambar 3.2). Ketiga 1 juli 1994 harus beroperasi penuh secara komersial. Untuk lebih jelasnya akan dijelaskan design system sebagai berikut (lihat gambar 3.2, gambar 3.3 dan tabel 3.2) :



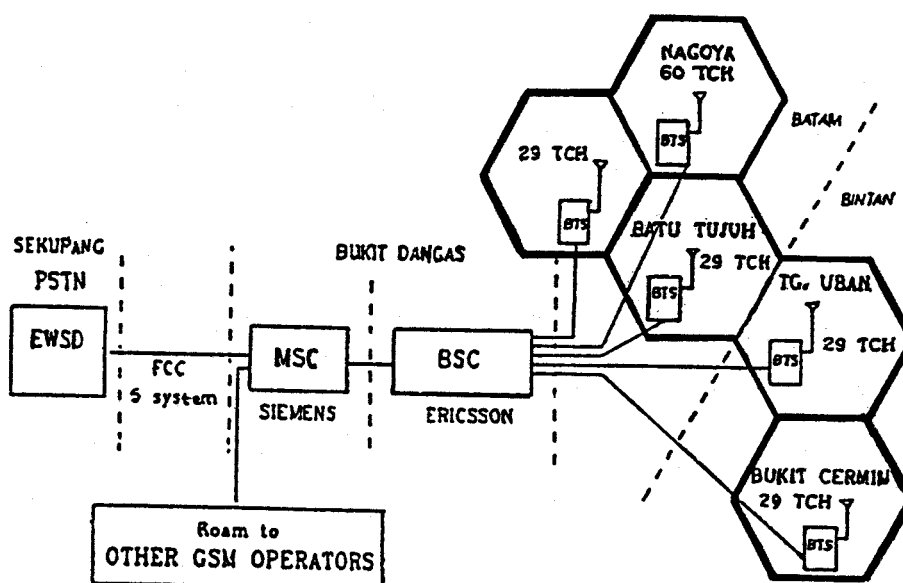
GAMBAR 3.2
JARINGAN INTERFACE RADIO MOBILE GSM

Prospective : 3 tahun
 Traffic per subscriber : Variabele per location
 Grade Of Service (GOS) : 5 %

Distribusi ujicoba panggilan (call attempt) selama jam sibuk
 - Land to mobile 65 %

TABEL 3.2
 KONDISI GSM BATAM-BINTAN

| SITE | CONFIG | TOT-CH | TOT-ERLANG | NO.SUBS |
|--------------|--------|--------|------------|---------|
| BKT. DANGAS | OMNI-4 | 29 | 23.83 | 596 |
| NAGOYA | OMNI-8 | 60 | 54.57 | 1,364 |
| MUKA KUNING | OMNI-4 | 29 | 23.83 | 596 |
| BUKIT CERMIN | OMNI-4 | 29 | 23.83 | 596 |
| TANJUNG UBAN | OMNI-4 | 29 | 23.83 | 596 |



GAMBAR 3.3
 KONFIGURASI GSM BATAM-BINTAN

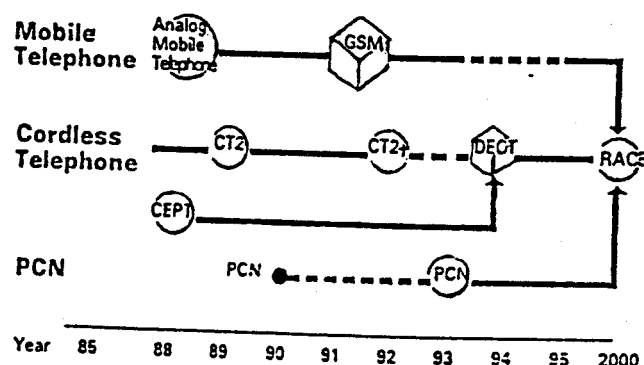
- Mobile to land 30 %
- Mobile to mobile 5 %

III.3. Standard PCN Untuk Penerapannya Di Indonesia

Standard penerapan PCN di Indonesia agaknya banyak hal yang perlu dipertimbangkan baik dari segi teknis, ekonomis maupun dampak sosialnya. Berbagai macam standard yang ditentukan oleh berbagai lembaga peneliti, baik di amerika, eropa maupun di negara Jepang. Pada penulisan Tugas Akhir ini penulis akan menyajikan dua standard PCN yang sedang dan telah dikembangkan, pertama PCN dengan standard DCS-1800/GSM. PCN standard DCS-1800/GSM ini sedang dan telah dikembangkan oleh negara-negara Eropa khususnya negara inggris, sedangkan yang kedua PCN dengan standard Amerika.

III.3.1. STANDARD DCS-1800/GSM

Trend mobile communication di Eropa terdiri atas



GAMBAR 3.4
TREND MOBILE COMMUNICATION DI EROPA

berbagai sistem mobile communication, untuk pemilihan standard PCN perlu dipertimbangkan dari berbagai sistem yang ada guna mendapatkan standard yang tepat (lihat gambar 3.4).

III.3.1.1. Penentuan DCS-1800 Sebagai Standard

Dalam penawaran lisensi untuk PCN, Departemen Perdagangan dan Industri Inggris memberikan suatu batasan bahwa pengoperasian PCN akan memakai spesifikasi teknik yang umum yaitu dengan memilih GSM sebagai standard. Pertemuan berikutnya dengan European Telecommunications Standard Institute (ETSI) untuk memulai proses standardisasi, dan selanjutnya presentasi kepada Komite Strategis Review ETSI, diciptakan akronim baru DCS-1800 sebagai standard baru untuk GSM compatible (DCS-1800, Digital Cellular System dengan frekuensi 1800 MHz) dan direalisasikan pada Februari 1991.

DCS-1800 sebenarnya berasal dari GSM, sekarang ini pengembangannya dibantu ETSI dan di dalam kerangka kerja GSM. Standard yang dipakai merefleksikan frekuensi-frekuensi yang lebih tinggi di mana PCN akan beroperasi dengan modifikasi unit lainnya untuk pelayanan PCN. Suatu alasan mengapa GSM sebagai standard hal ini karena GSM compatible dengan PCN serta PCN dipersiapkan untuk melayani daerah yang padat disamping GSM, juga sangat efektif untuk daerah rural.

Kesesuaian antara jaringan-jaringan PCN jelas merupakan keuntungan di mana seorang pelanggan PCN dapat

mempergunakan perangkatnya pada jaringan yang dioperasikan oleh kedua operator PCN yang lainnya. Jika pelanggan melakukan perjalanan ke suatu tempat di mana operatornya tidak dapat memberikan pelayanan, ia dapat menggunakan pelayanan yang ditawarkan oleh operator lain (sel-sel dalam satu cluster).

Kriteria standard teknologi PCN :

- Pengembangan dari teknologi GSM, memakai band frekuensi 1.8 GHz
- Standard Eropa
- 1 dan 1/4 Watt handportable power classes
- National dan international roaming

Pengembangan PCN secara internasional dengan standard umum juga merupakan kunci yang obyektif. Meskipun beberapa negara mungkin merasa tidak perlu memberikan investasi bagi jaringan-jaringan baru untuk tahun-tahun mendatang, realisasi network untuk roaming internasional menjadikan pengemangan PCN sangat menguntungkan bagi para konsumen. Network tersebut tidak hanya akan membuka jalan bagi pemasaran PCN secara internasional, tetapi juga akan sebagai peletak dasar keuntungan dari skala ekonomi secara global.

III.3.1.2. Spesifikasi

Spesifikasi PCN/DCS-1800 secara umum hampir sama dengan spesifikasi GSM, perbedaannya hanya pada alokasi frekuensi dan kapasitas kanal sistem.

Pada saat peluncuran PCN di tahun 1992, dengan memakai standard DCS-1800 yang merupakan pengembangan dari

GSM dengan memodifikasi pada RF, (band frekuensi 1710-1880 MHz dengan spaci kanal carrier 200 KHz) signaling, kapasitas kanal serta daya pancar.

PCN dirancang ringan dan low cost handset. Target pengoperasiannya ditentukan 8 Km untuk kondisi rural dan 1 Km untuk kondisi urban. daya pada handset sebesar antara 250

TABEL 3.3²⁴⁾
PERBANDINGAN CELLULAR GSM DAN PCN

| SYSTEM | GSM (EUROPE) | PCN/DCS1800 (UK) |
|---------------------|-----------------|---------------------|
| MULTIPLE ACCESS | TDMA | TDMA |
| FREQUENCY BAND | | |
| UPLINK (MHZ) | 935-960 | 1805-1880 |
| DOWNLINK (MHZ) | 890-915 | 1710-1785 |
| DUPLEXING | FDD | FDD |
| RF CH. SPACING | | |
| UPLINK (KHz) | 200 | 200 |
| DOWNLINK (KHz) | 200 | 200 |
| BANDWIDTH PER | | |
| VOICE CH. (KHz) | 25 | 25 |
| MODULATION | GMSK | GMSK |
| C/I (dB) | 9 | ? |
| PORTABLE TXmit (mW) | 3700-20000 | 250-1000 |
| POWER, Max/Avg | | |
| POWER CONTROL | | |
| HANDSET | YES | YES |
| POWER CONTROL | | |
| HANDSET | YES | YES |
| BASE | YES | YES |
| SPEECH CODING | RPE-LTP | RPE-LTP |
| SPEECH RATE (kb/S) | 13 | 13 |
| Ch. Bit RATE (kb/S) | | |
| UPLINK | 270.833 | 270.833 |
| DOWNLINK | 270.833 | 270.833 |
| FRAME DURATN (ms) | 4.615 | 4.615 |

24) Donal C. Cox, "Wireless Network Access For Personal Communication", IEEE Communication Magazine, Desember 1992, hal. 96.

mW sampai 1 W .Daya tersebut masih di bawah daya dari hand portable GSM (dayanya 20 W atau 8 W) yang memakai frekuensi kerja 900 MHz (lihat tabel 3.3).

III.3.2. Standard North American Dual Mode Cellular (NADC)

Para perancang sistem cellular di Amerika, sampai saat ini telah memperkenalkan alternatif sinyal pembawa lain seperti Narrowband AMPS (NAMPS), TDMA, dan CDMA. NAMPS merupakan modifikasi dari AMPS, walaupun masih tetap menggunakan teknologi analog, NAMPS berusaha memperbesar kapasitas sistem dengan cara membagi tiap-tiap kanal AMPS (30 KHZ) menjadi 3 buah kanal yang lebih sempit. Dengan demikian secara teoritis, NAMPS dapat menambah kapasitas sistem sampai tiga kalinya. Tetapi penambahannya masih dinilai kurang memadai bila dibandingkan dengan kebutuhan, disamping kualitasnya masih berada di bawah sistem digital, maka para perancang dan industri perakitan sistem cellular hanya melihat sebagai solusi sementara.

Pada tahun 1988, Cellular Telecommunication Industry Association (CTIA) menerbitkan User Performan Requirements (UPR) untuk para perancang sistem, yang berisi kebutuhan-kebutuhan dasar sistem cellular teknologi digital. Telecommunication Industry Association (TIA), sebagai tanggapan terhadap CTIA-UPR, memilih TDMA sebagai teknologi akses untuk standard digital yang baru. Sayangnya, karena TDMA yang ada saat ini masih belum mampu memenuhi kebutuhan

kapasitas yang digariskan CTIA-UPR, maka pengikut lama sistem cellular analog cenderung masih melihat NAMPS sebagai satu-satunya alternatif solusi sementara.

Maret 1990, TIA menerbitkan revisi A dari standard cellular digital (masih berdasarkan teknologi TDMA) yang dikenal sebagai IS-54 atau DCS-1900 yang merupakan penyesuaian

TABEL 3.4²⁵⁾
PERBANDINGAN CELLULAR DIGITAL AMERIKA

| | IS-54 | IS-95 | |
|---------------------|--------------|-----------|-----------|
| SYSTEM | TDMA | CDMA | * B-CDMA |
| MULTIPLE ACCESS | TDMA | DS-SSMA | DS-SSMA |
| FREQUENCY BAND | | | |
| UPLINK (MHz) | 869-894 | 869-894 | EMER TECH |
| DOWNLINK (MHz) | 824-849 | 824-849 | |
| DUPLEXING | FDD | FDD | FDD |
| RF CH. SPACING | | | |
| UPLINK (KHz) | 30 | 1250 | 40000 |
| DOWNLINK (KHz) | 30 | 1250 | 40000 |
| MODULATION | $\pi/4$ QPSK | BPSK/QPSK | MPSK |
| PORTABLE TXmit (mW) | | | |
| POWER, Max/Avg | 600/200 | 600 | 600 |
| POWER CONTROL | | | |
| HANDSET | YES | YES | YES |
| BASE | YES | YES | NO |
| SPEECH CODING | VSELP | QCELP | ADM |
| SPEECH RATE (kb/s) | 7.95 | 8 | 32 |
| Ch. Bit RATE (kb/s) | | | |
| UPLINK | 48.6 | — | — |
| DOWNLINK | 48.6 | — | — |
| FRAME DURATION (ms) | 40 | 20 | — |
| CHIP RATE | N/A | 1.2288 | 30 |

KET : * Broadband CDMA pembagian spectrum yang akan diusulkan 1.8 sampai 2.0 GHz.

²⁵⁾ Raymond Steel, "IEEE Communication Magazine", Desember 1992, hal. 98.

an dari GSM Tidak lama setelah TIA memilih TDMA, QUALCOMM salah satu pembuat sistem cellular digital di US, memperkenalkan CDMA sebagai alternatif baru sinyal pembawa digital yang dikenal sebagai IS-95 (lihat tabel 3.4), CDMA disamping menjanjikan perbaikan dari segi kapasitas yang mampu menambah 10 sampai 20 kali lebih banyak dari kapasitas AMPS, juga menjanjikan di segi lain misalnya call handoffs, privacy, serta kualitas suara yang lebih baik. Dengan perkembangan ini para pembuat keputusan di lingkungan industri cellular di US, berhadapan dengan dua pilihan teknologi, memilih IS-54 (yang telah disetujui TIA) atau memilih IS-95 di mana keduanya akan dijadikan acuan untuk PCN /PCS. Dari berbagai pengujian dan percobaan yang telah dilakukan secara serius oleh sejumlah besar perancang dan industri diperoleh tabel 1.1 dan tabel 3.4.

III.3.2.1. Aplikasi PCN Dengan Teknologi CDMA

Aplikasi PCN dengan memakai teknologi CDMA diterapkan pada jaringan microcell. PCN yang mempunyai bobot handheld yang ringan, low power serta bekerja pada liputan frekuensi radio yang kecil (microcell), dengan kapasitas kanal yang tinggi.

Cara pembagian kanal spektrum frekuensi yang bagus dengan menerapkan teknologi spread spectrum. teknologi spread spectrum adalah suatu teknik modulasi yang memodulasi sinyal informasi pada kanal radio frekuensi dengan bandwidth

jauh lebih besar/lebar dari pada sinyal carrier. Densitas power sinyal spread spectrum sangat rendah oleh karena itu daya spread spectrum kelihatan seperti low level noise (nois level rendah) untuk suatu kanal narrow band dalam spectrum yang sama. Metode yang dipakai teknologi spread spectrum untuk menyebarkan sinyal informasi yaitu pseudo noise (PN) sequence. Bila dua atau lebih pemakai menempati lebar RF yang sama, maka dengan memakai perbedaan PN sequence untuk menghindari interefrensi. PN sequence disebut PN code dan metode ini mengakomodasikan banyak pemakai oleh karena itu teknologi ini disebut CDMA.

CDMA adalah sistem yang mudah untuk dioperasikan dalam microcellular di mana pada sel tersebut interferensi antar kanal sulit dihindarkan. Kemampuan CDMA untuk membagi spectrum dan mudah dalam penanganan sistem, sehingga teknologi CDMA nantinya akan menjadi calon tunggal dalam aplikasinya pada microcell di Amerika Serikat.

Aplikasi PCN pada microcell dengan memakai teknologi CDMA :

- CDMA Cordless Telephone
- CDMA PCN

III.4. Infrastruktur Teknologi PCN Di Indonesia

Infrastruktur teknologi PCN di Indonesia telah dijalankan dengan mengoperasikan STBC digital GSM dan central telepon digital (ISDN), di mana nantinya PCN akan melaya

TABEL 3.5
KARAKTERISTIK TEKNIK GSM DAN PCN

| KRITERIA | GSM | PCN |
|----------------------|--------------|--------------|
| ACCESS METHOD | TDMA | TDMA |
| FREQUENCY BAND (MHz) | 900 | 1800 |
| TEKNOLOGI | DIGITAL | DIGITAL |
| TWO-WAY CALLING | YA | YA |
| TRANSMISI DATA | YA | YA |
| EKUALISASI | YA | YA |
| TOTAL BITRATE (kbps) | 270 | 270 |
| CARRIER SPACING | 200 | 200 |
| DIVERSITY METHOD | FREQ-HOPPING | FREQ-HOPPING |
| CELL TYPE | MACROCELL | MICROCELL |
| CELL SIZE | 35 km | 8 km |

ni daerah jangkau sampai 8 Km sedangkan GSM melayani daerah jangkau sampai 35 Km²⁶⁾.

PCN dengan standard DCS-1800 yang berdasarkan pada standard GSM, perbedaan terpenting terletak pada radius pancarannya serta frekuensi kerja yang berbeda (lihat tabel 3.5).

III.4.1. Perencanaan Sel

Konsep perencanaan sel. antara lain bagaimana merencanakan pengulangan frekuensi dalam sel tersebut. Pada perencanaan sel beberapa kriteria perencanaan sel perlu dipertimbangkan (lihat bab II pada bagian konsep perencanaan sel), untuk perencanaan sel ini penulis akan merencanakan kapasitas sel

²⁶⁾ Josef Franz Huber, "PCNs : A Smart Way To Enlarge European Mobile Radio Network", Telecom Report International System, Vol. 14, No. 4, hal. 28.

dan gain sistem dari PCN standard DCS-1800 sedangkan untuk kriteria perencanaan sel lainnya hanya untuk memperjelas dalam permasalahan perencanaan sel.

Dalam perencanaan sel perlu dipertimbangkan teknik pengaccessan, disamping teknik yang lain. Tipe sel yang berbeda harus ditentukan baik jangkauann dan daya. Seperti large macrocell, street microcell dan indoor picocell, masing-masing sel yang berbeda harus tetap simultan dalam tingkatan yang berbeda. Sebagai contoh umbrella sel mampu mengkafer microcell dan picocell, disamping itu handover diantara sel yang berbeda harus ditentukan.

Tuntutan sistem komunikasi yang akan datang :

- Fleksibilitas
- Kualitas
- Kapasitas

Untuk sistem cellular berdasarkan pada Personal Communication, pengoperasian dan pelayanan diharapkan bisa fleksibel. Operasional yang fleksibel dipertimbangkan atas dalam memudahkan dalam perencanaan frekuensi atau sel. Disamping itu dapat mampu beroperasi pada sistem yang berbeda. Operator harus fleksibel untuk menyatukan operasi pelayanan pada tipe sel yang berbeda dan pada subscriber yang berbeda pula, dan mungkin pada titik yang berbeda pada waktu yang bersamaan.

Kualitas dalam hal ini mencakup kualitas suara, jangkauan/liputan dan keandalan komunikasi. Kualitas suara yang baik sangat penting, disini dapat dianggap bila dilihat

dari speech codec dengan bitrate yang rendah (yang saat ini menjadi usulan untuk kapasitas cellular/PCN). Kenyataan sebagian besar speech codec dengan bitrate tinggi yang akan dipakai untuk menyediakan pelayanan dengan kualitas tinggi, liputan yang bagus diperlukan untuk menyediakan pelayanan yang mengikuti tuntutan pemakai/jaman.

Disini diperlukan pada sel-sel yang besar untuk area liputan yang besar, dan khusus rancangan sel-sel kecil untuk liputan local pada daerah dengan trafik tinggi. Sebagai contoh pada pusat kota, daerah shopping, pusat pusat bisnis, pusat-pusat komunikasi .

Suatu sistem komunikasi dikatakan andal bila jumlah pembicaraan/panggilan yang gagal sangat kecil. Dalam suatu lintasan terminal mobile, pemakai tanpa disadari telah melewati dari sel ke sel. Keadaan yang demikian dapat dicapai sistem tersebut mempunyai jaringan sinkronisasi yang sangat cepat, yaitu memakai hard handover atau soft handover

Suatu sistem komunikasi PCN dengan kapasitas tinggi, hal ini mengingat kondisi dunia akan datang menuntut kemampuan dalam penanganan dengan kondisi padat trafik. Sel dengan kapasitas tinggi dicapai dengan jalan mengefisienkan pengkodean multiple access dan sistem modulasi.

Sistem dengan kondisi kapasitas tinggi, seperti beberapa pemakai yang tersebar secara geografis. sebagai contoh small microcell digunakan untuk kondisi trafik dengan densitas tinggi. Kapasitas sel dibatasi oleh spectrum yang tersedia dan cochannel interference. Sehingga untuk sistem

seperti itu di masa yang akan datang harus mampu menyediakan teknik modulasi yang efisien serta kebal terhadap interferensi, dalam hal ini teknologi PCN telah menjawab kendala yang telah dialami selama ini. Sistem harus mampu menyesuaikan sendiri untuk kondisi trafik yang berubah-ubah.

III.4.1.1. Implikasi Picocell, Microcell dan Macrocell

Seperti yang telah dijelaskan dibagian yang terdahulu sistem cellular digital/PCN dan berbagai usulan pemakaian PCN lainnya dibutuhkan perkiraan dalam implementasi dan layout cellular. Perancangan ukuran sel (cell size) mobile komunikasi tidak hanya ditentukan oleh reuse faktor dan kapasitas sistem, tetapi perlu juga diperhatikan ukuran dan pemakaian batere pada unit mobile. Tentu saja, satu hal yang tak kalah pentingnya penentuan ukuran dalam pemakaian cell size (misalnya cellular macrocell dan microcell versus cord

TABEL 3.6²⁷⁾
CELL SIZE DAN RADIATED POWER

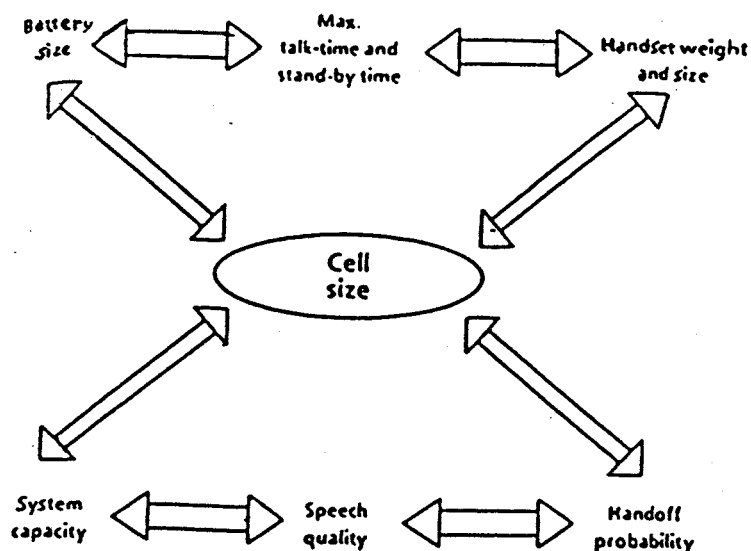
| CELL TYPE | MACROCELL | MICROCELL | | PICOCELL |
|----------------|-----------|-----------|--------|----------|
| | DCS-1800 | DCS-1800 | WPBX | CORDLESS |
| DIMENSION (Km) | 6-8 | 1-3 | <0.3 | <0.1 |
| RAD-POWER (W) | 1 | 10m-0.1 | 1m-10m | <1m |

²⁷⁾ Michael Patsch, "The Evolution Of Mobile Communication In The Europe : Regulation, Technology And Markets", Artech House Inc., London, 1993, hal. 82.

less microcell dan picocell), untuk itu adanya evaluasi proposal perencanaan PCN ditentukan dalam penerapan berbagai tipe sel. keserasian dalam menentukan ukuran sel yang umumnya dibagi dalam macrocell dan microcell, walaupun kenyataannya ukuran sesungguhnya tak ditentukan (lihat tabel 3.6). Penentuan sinyal field strength antara omnidirectional TA dan RA berkurang secara teratur sehingga sistem microcell dan picocell mengizinkan base station dan handset (mobile station) beroperasi pada level daya rendah. Hal ini juga dipertimbangkan bahwa pengaturan transmisi daya juga didistribusikan pada kriteria resiko kesehatan yang potensial disebabkan radiasi daya level tinggi.

Sub group European Technical Standard Institute (ETSI) telah menginvestasikan sistem microcell yang beroperasi sampai range 2 GHz. Sebagaimana pada cellular PCN, yang kemungkinan bisa membahayakan pemakai walaupun kemungkinan diterapkan pada sistem cordless microcell dan picocell (seperti sistem cordless PCN, WPBx dsb) yang dibawah pengawasan negara-negara Eropa. Pada tabel 3.6 dijelaskan berbagai tipe sel serta memberikan ikhtisar pada perkiraan level radiasi daya diperlukan untuk unit mobile. Portabel handset untuk sistem PCN/DCS-1800 memerlukan daya pada 1 W. Unit hand held yang bekerja cukup baik pada daerah urban dan sub urban dengan radiasi daya 0.5 W. Daerah sub urban adalah sebagai daerah pinggiran kota/tidak begitu padat yang memiliki beberapa penghalang di sekitar lokasi mobile station dengan berbagai bangunan bertingkat

dan populasi penduduk di atas satu juta. Daerah urban adalah daerah perkotaan dengan populasi penduduk sangat padat dan sangat banyak gedung-gedung bertingkat serta kepadatan trafik sangat tinggi. Daerah rural adalah daerah perambatan yang dilalui oleh gelombang yang merambat dari mobile station dan base station dengan tidak banyak penghalang. Dalam hubungan langsung untuk output daya ditentukan oleh ukuran batere untuk itu, bobot dan dimensi pada unit mobile perlu ditentukan. Selanjutnya jika handset PCN beroperasi dalam sel dengan radius di atas 6 Km, pemakaian daya, teknik pengkodean, koreksi error perlu juga diperkirakan. Dalam perencanaan sel perlu dipertibangkann hal-hal seperti yang dijelaskan diatas (dari langkah-langkah pada gambar 3.5 akan didapatkan tabel 3.6).



GAMBAR 3.5²⁸⁾
IMPLIKASI MENENTUKAN UKURAN SEL

²⁸⁾ Ibid., hal. 83.

Bila jumlah base station dalam sistem cordless PCN 10 sampai 20 kali, dan makin banyak trafik handoff. Dalam hal ini untuk penambahan jumlah pemakai dan sel-sel perlu dipertimbangkan handoff speed yang tinggi pada saat penetapan sistem cellular PCN, untuk itu memerlukan kecanggihan dalam sistem signaling (lihat gambar 3.5).

III.4.1.2. Analisa Perencanaan Sel

Analisa perencanaan sel meliputi menentukan pola frekuensi reuse yang dipakai, ukuran sel, kapasitas sel dan gain sistem. Untuk ukuran sel dari berbagai tipe sel dapat dilihat pada tabel 3.6.

Pada analisa perencanaan sel, direncanakan sel untuk PCN tipe cellular dengan standard DCS-1800.

Perencanaan sel sebagai berikut :

Alokasi frekuensi dari PCN/DCS- 1800 :

Frekuensi Uplink = 1805-1880 MHz

Downlink = 1710-1785 MHz

Direncanakan band width kanal = 25 KHz

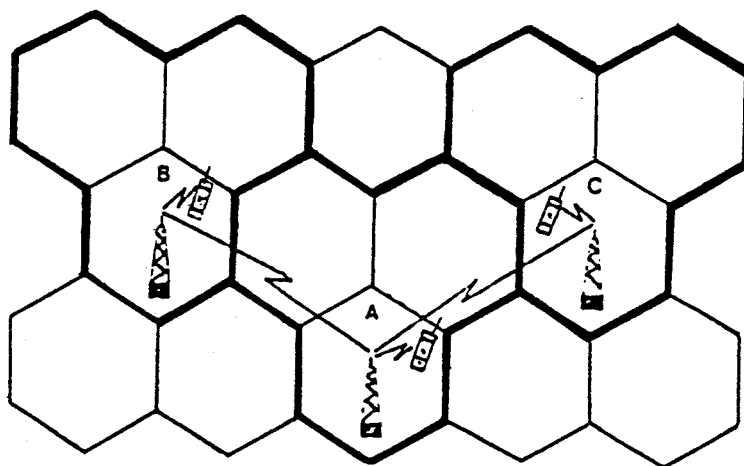
Pola pengulangan sel direncanakan dengan Pemakaian parameter pergeseran $i=1$ dan $j=1$ sehingga dari persamaan (2.1) diperoleh :

Pola pengulangan frekuensi, $N = K = 3$ (lihat gambar 3.6)

Memakai metode akses TDMA dengan time slot sebanyak 8 slot

Analisa kapasitas kanal sebagai berikut :

Total BW : $B_t = 1880 \text{ MHz} - 1805 \text{ MHz} = 75 \text{ MHz}$



GAMBAR 3.6²⁹⁾
PENERAPAN PCN DENGAN PENGULANGAN FREKUENSI
($i=1, J=1$ DAN $K=N=3$)

BW kanal : $B_c = 25 \text{ KHz}$

Total kanal dapat diperoleh dengan memakai persamaan 2.11 :

$$\text{Total kanal : } M = \frac{B_t}{B_c} = \frac{75 \text{ MHz}}{25 \text{ KHz}} = 3000 \text{ ch. per slot}$$

Misalnya total time slot/ yang mengalami hopping ada 3 sehingga :

$$\text{Total jumlah kanal} = 3000 \times 3 = 9000 \text{ channel}$$

Kapasitas kanal radio tiap sel :

$$m_{\text{TDMA}} = \frac{M}{K} = \frac{9000}{3} = 3000 \text{ ch. per cell}$$

$$= 1000 \text{ sector per cell (3 sector)}$$

Dari hasil perhitungan kapasitas kanal PCN/DCS-1800, maka dapat dilihat tabel berbandingan kapasitas kanal PCN/DCS-1800 dengan GSM pada tabel 3.7 :

²⁹⁾ Hakan Eriksson And Per Olov Nilsson, "Development Of Radio Access In Cellular System-The Basis Of Personal Telephony", Ericsson Review, No. 1, 1991, hal. 2.

TABEL 3.7³⁰⁾
KAPASITAS KANAL GSM DAN PCN

| KARAKTERISTIK | GSM | | PCN/DCS-1800 |
|-------------------------------------|----------|----------|--------------|
| | FULLRATE | HALFRATE | |
| TOTAL BW (B1) MHz | 25 | 25 | 75 |
| BW VOICE CH (Bc) | 25 | 12.5 | 25 |
| NUMBER VOICE CH M=(B1/Bc) | 1000 | 2000 | 3000 |
| REUSE FACTOR (N) | 3 | 3 | 3 |
| VOICE CH PER SITE (M)/K | 333 | 666 | 1000 |
| ERLANG PER SQ KM (9KM SITE-SITE) | 40 | 84 | 120 |
| MAXIMUM RANGE (KM) | 35 | 35 | 8 |

Untuk menentukan perkiraan radio link path budget data yang diperoleh hasilnya sebagai berikut³¹⁾ :

Mobile peak output power : 30 dBm
 Effectife mobile antenna gain : - 3 dBi
 Base station antenna gain (sector) : +17 dBi
 Base station feeder loss : 2 dB
 Base station receiver sensitivity : 104 dB
 Rugi lintasan (tanpa fading) : 146 dB
 Fade margin : 6 dB

Dari data tersebut diatas maka dapat dihitung gain sistem dari link trasmisinya yang memakai persamaan (2.7)

³⁰⁾ William C. Y. Lee, "Cellular: An easy Path To PCS", Telecom Asia, April 1992, hal. 18.

³¹⁾ Raymond Steele, "An Update On Personal Communication", IEEE Communication Magazine, Desember 1992, hal. 35.

sebagai berikut :

$$L_p = 146 \text{ dB}$$

$$F = 6 \text{ dB}$$

$$L_t + L_m + L_b = 2 \text{ dB}$$

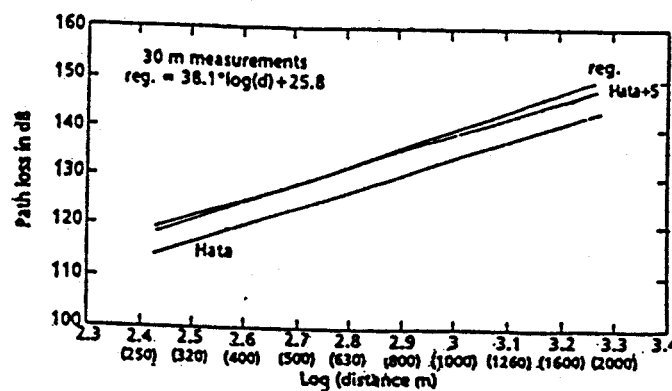
$$G_t = -3 \text{ dBi}$$

$$G_r = +17 \text{ dBi}$$

Maka gain sistem :

$$\begin{aligned} G_s &= L_p + F + L_t + L_m + L_b - G_t - G_r \\ &= 146 + 6 + 2 + 3 - 17 = 140 \text{ dB} \end{aligned}$$

Pada perencanaan jaringan diperlukan teknik diversity dengan memakai kombinasi time diversity dan frekuensi diversity. Dengan kedua teknik tersebut rugi lintasan yang menyebabkan fading dapat diperkecil. Pada gambar 3.7 menunjukkan rugi lintasan radio propagasi, terlihat bila jarak jangkauan makin besar maka rugi lintasan makin besar.



GAMBAR 3.7³²⁾
RADIO PROPAGASI

³²⁾ Ibid., hal. 95.

Untuk daerah urban, implementasi sel sangat efektif memakai konfigurasi 120° sector (dengan memakai antena directional secara sectoral yang mempunyai gain yang tinggi) karena dengan konfigurasi tersebut daerah yang dikafer secara optimal. Dari hasil analisa perencanaan sel serta tinjauan dari beberapa literatur, direncanakan :

- Radius sel 0.75 sampai 3 km untuk city centres (urban).
- Radius sel 3.5 sampai 6 km untuk suburban dan rural.
- Ditargetkan jangkauan dengan kapasitas kanal tertinggi pada daerah bisnis.

III.4.2. Konfigurasi PCN/DCS-1800

III.4.2.1. Landasan Teknologi Untuk PCN/DCS-1800

Landasan teknologi yang dipakai untuk PCN :

1. Intelligent Network (IN, jaringan pintar) data base
2. Integrated Switch Digital Network (ISDN)
3. Sistem microcell
4. High capacity digital switching
5. Smart card

IN data base dipakai untuk menyimpan data base pengaccess antar jaringan. Dengan IN pemakai bisa menggunakan berbagai terminal hanya dengan memakai smart card. IN merupakan sarana service profil management yang memuatkan data base dan dilengkapi dengan service control po-

int (SCP). IN hanya menerima indentifikasi subscriber (smart card) bukan unit subscriber. Misalnya panggilan dapat dikirim ke subscriber di tiap tempat dan melalui tiap unit subscriber maka IN akan menerima serta mengaccess sehingga komunikasi bisa berlangsung hanya dengan menggunakan smart card bukan unit subscriber.

Microcell sebagai sarana untuk personal mobility. Dalam arcitektur cellular mengenal frekuensi reuse dalam sejumlah daerah yang terbatas, dan merupakan memperbesar mobilitas dan efisiensi pemakaian frekuensi. Kemajuan dalam cellular digital dan teknologi microcellular diharapkan dapat menyediakan kapasitas dan peningkatan kualitas untuk pasar PCN.

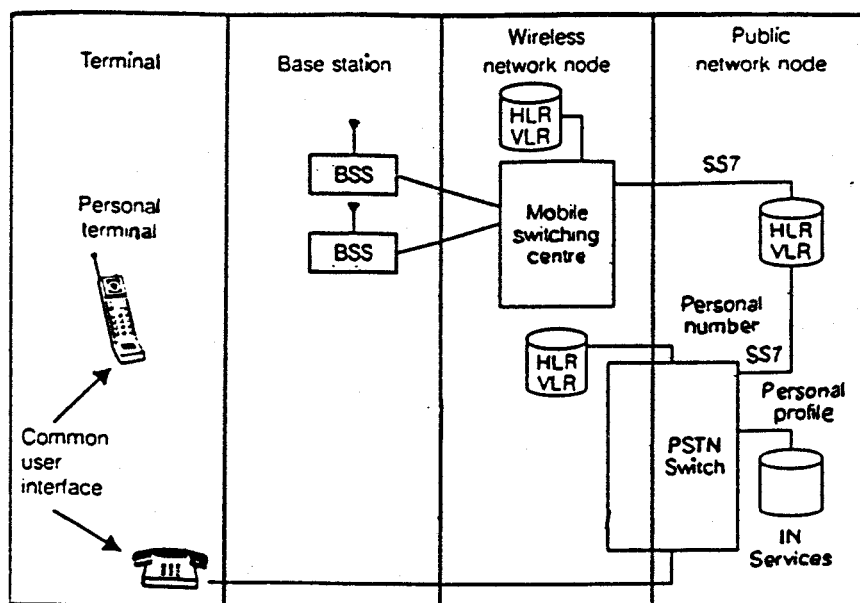
III.4.2.2. Elemen Utama PCN/DCS-1800

Ada lima bagian yang terpenting dari sistem PCN :

1. Personal number
2. Personal terminal
3. Personal profil
4. Common user interface

Personal number : dipakai untuk kebutuhan akan personal mobility (lihat gambar 3.8).

Personal terminal : dipakai untuk kebutuhan akan terminal mobility. Personal terminal adalah kecil dengan ukuran saku, wireless. Dengan personal terminal tersebut pemakai bisa berkomunikasi dari terminal ke terminal dalam berbagai mode.



GAMBAR 3.8³³⁾
ELEMEN PCN/DCS-1800

Single mode suatu mode dengan kemampuan access pada single sistem (hanya hubungan terrestrial atau satellite) sedangkan multi mode suatu mode dengan kemampuan access pada multi sistem (bisa hubungan terrestrial dan satellite).

Personal profil : dipakai untuk kebutuhan akan personal control. Personal profil berisi paramater service dan routing translasi data dengan pemakai PCN/personal communication. Data tersebut dapat mengaccess untuk berbagai jaringan (jaringan cellular dan jaringan wireline).

Common user interface : membantu kemudahan untuk pemakaian terminal.

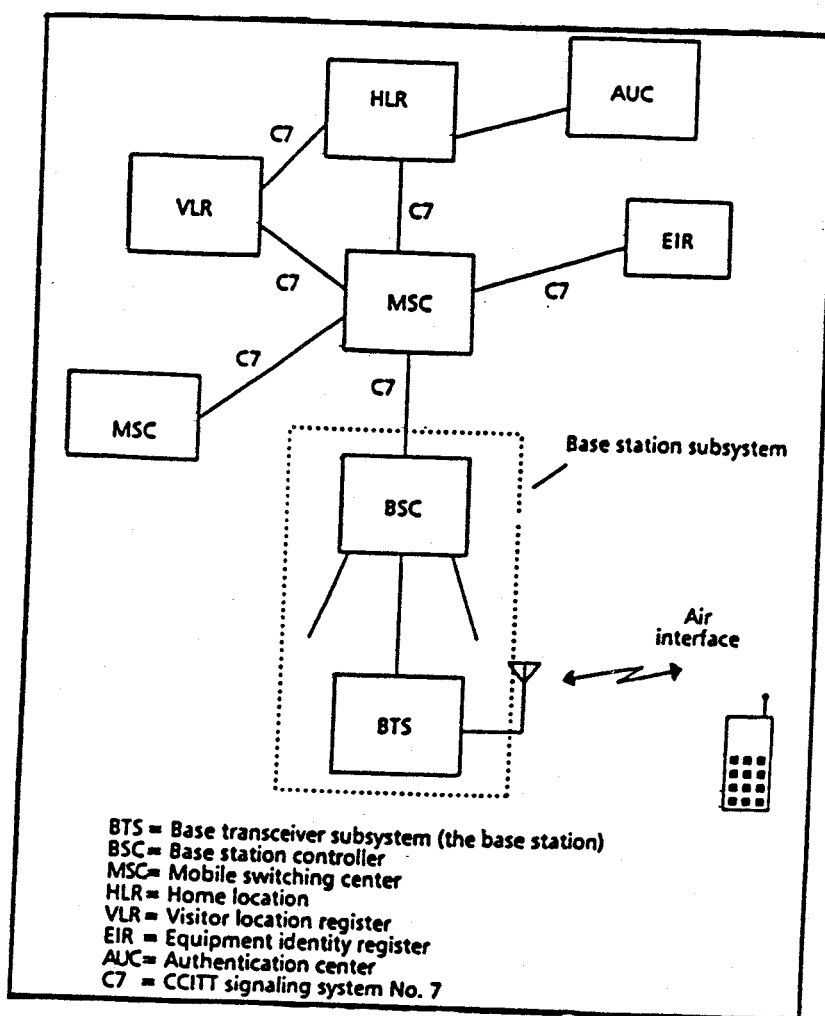
33) R. A. Miska And
Matter Of Time Not
Vol. 8, No. 1, hal. 17.

N. Peshavaria, "Personal Communication A
Technology", Trend In Telecommunication,

Dari gambar 3.8 dapat dijelaskan masing-masing bagian dari teknologi PCN sebagai berikut :

A. Mobile Station/Personal Terminal/user

Mobile station merepresentasikan peralatan yang mungkin terpasang dalam kendaraan/vehicle atau bisa pesawat genggam /hand held. Mobile station mempunyai angka identitas,



GAMBAR 3.9³⁴⁾

KONFIGURASI DAN INTERFACE PCN/DCS-1800

³⁴⁾ A. Robin Potter, "Implementation Of PCNs Using DCS-1800", IEEE Communication Magazine, Desember 1992, hal. 33.

International Mobile Equipment Identity (IMEI), yang mencegah penggunaan pesawat pelanggan dalam hal kecurian atau tidak adanya lulus uji tipe. Sama halnya dengan International Mobile Subscriber Identity (IMSI) disimpan dalam smart card.

B. Base Station (BS)

BS terdiri dari dua bagian, Base Station Transceiver (BTS) dan Base Station Controller (BSC) yang menhandel transmiter dan fungsi kontrol. Fungsi BS adalah menyediakan penghubung antara jaringan tetap yang merupakan bagian dari PCN dan jaringan radio. Sejumlah pesawat pelanggan dapat dihubungkan ke BS. BS juga mempunyai sebagian fungsi switching untuk menghubungkan kanal radio ke kontrol level selanjutnya pada sistem PCN, MSC. BS melakukan ini dengan menghubungkan melalui kanal radio sinyal PCM dan interface MSC-BS dan sebaliknya.

C. Mobile Service Switching Center (MSC)

MSC merupakan inti dari jaringan PCN. Fungsinya untuk menghubungkan pelanggan mobile ke PSTN atau ke pelanggan mobile lainnya. Untuk menangani permintaan panggilan, MSC dapat mengakses informasi dari ketiga data base Home Location Register (HLR), Visitor Location Register (VLR) dan Authentication Center (AUC). Setelah menggunakan data base tersebut, MSC mengupdate ketiga database tersebut sesuai informasi yang terakhir dari status pelanggan (lihat gambar 3.9).

D. Home Location Register (HLR)

HLR menyimpan semua data yang berhubungan dengan pesawat pelanggan. Data statis menerapkan kapabilitas akses pelanggan, jenis pelayanan dan pelayanan tambahan. HLR juga mempunyai data dinamis tentang pesawat pelanggan yang roaming. MSC menggunakan data dinamik untuk segera meroutingkan panggilan yang datang ke pesawat pelanggan yang dipanggil.

E. Visitor Location Register

VLR menyimpan informasi tentang pesawat pelanggan yang memasuki area pelayanannya. VLR dapat dianggap sebagai data base pelanggan yang dinamik yang secara intensif bertukar data dengan HLR. Hubungan kedua data base tersebut memungkinkan MSC untuk mensetup panggilan yang masuk maupun keluar dalam area pelayanan MSC tersebut. Data disimpan dalam VLR mengikuti pelanggan jika memasuki area lain.

F. Equipment Identity Register (EIR)

IMEI pesawat pelanggan dapat dicek menjadi daftar yang berhak (white list) dan yang tidak berhak (black list) karena kecurian, yang disimpan dalam EIR.

G. Authentication Center (AUC)

AUC adalah pengukuran keamanan dan memproteksi informasi pesawat pelanggan terhadap gangguan melalui media udara. Karena rentannya keamanan dari media udara, spesifikasi PCN memasuki pengukuran untuk otoritas pelanggan dan kunci rahasia yang disimpan dalam AUC.

III.4.2.3. Jaringan Interface dan Pengaksesan

A. Jaringan Interface

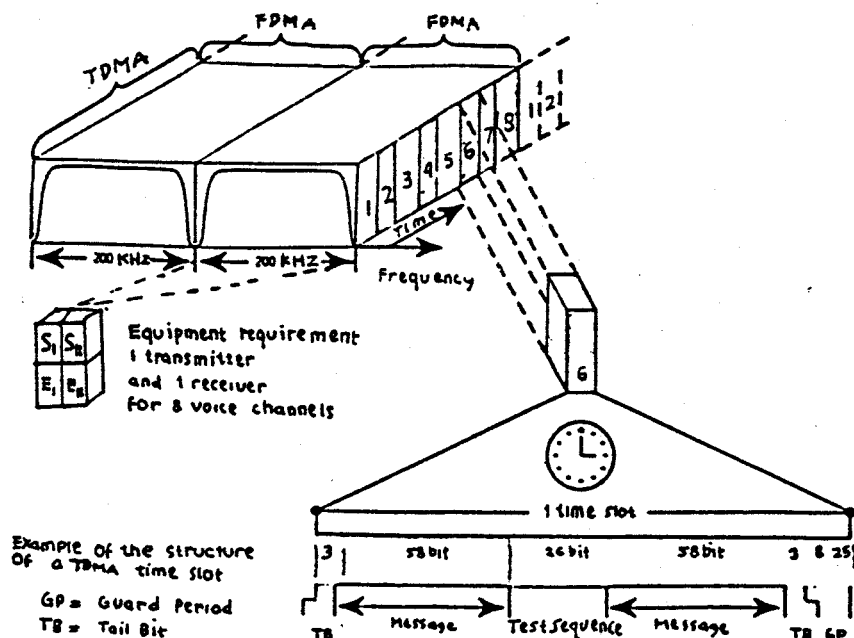
Dalam sistem PCN elemen-elemen penyusunan network agar dapat dihubungkan satu dengan yang lainnya telah mempunyai standard interface. Dengan adanya standard ini akan menguntungkan baik pada saat operasi dan pemeliharaan.

Interface-interface tersebut adalah :

1. Interface MSC-PSTN
2. Interface MSC-ISDN
3. Interface MSC-CSPDN (Circuit Public Data Network)
4. Interface MSC-PSPDN (Packet Switched Public Data Network)
5. Interface MSC-HLR
6. Interface MSC-EIR
8. Interface VLR-VLR
9. Interface VLR-HLR
10. Interface HLR-AUC
11. Interface MSC-MSC
12. Interface MSC-BSC
13. Interface BSC-BTS
14. Interface BTS-MS (radio interface)

B. Pengaksesan

Sistem cellular analog yang beroperasi sekarang ini menggunakan cara pengaksesan FDMA di mana masing-masing kanal trafik atau kanal kontrol mempunyai mempunyai kanal radio yang terpisah memerlukan masing-masing sepasang transmitter dan receiver dan analog filter digunakan untuk memisahkan kanal radio tersebut. Pada sistem GSM digunakan multiple akses yaitu FDMA dan TDMA. Dalam satu sinyal pembawa



GAMBAR 3.10³⁵⁾
GABUNGAN TIME DAN FREQUENCY DIVISION MULTIPLE ACCESS

terdiri dari 8 kanal pembicaraan, hal ini biasanya disebut TDMA. Jadi untuk kanal 124 FDMA masing-masing terdiri dari 8 kanal pembicaraan. Sedangkan pada PCN/DCS-1800 terdiri 375 FDMA masing-masing terdiri dari 8 kanal pembicaraan.

Penggunaan TDMA adalah BS hanya memerlukan satu perangkat pemancar/penerima untuk setiap 8 pembicaraan sehingga akan menghemat ruang yang dipakai dan daya yang dibutuhkan (lihat gambar 3.10).

Setiap time slot terdiri dari dari burst dengan 148 bit data. Bit-bit tersebut tidak sepenuhnya memenuhi time slot, tetapi ada gap di setiap akhir ada guard zone sehingga kemungkinan kesalahan timing setiap time slot kecil (lihat

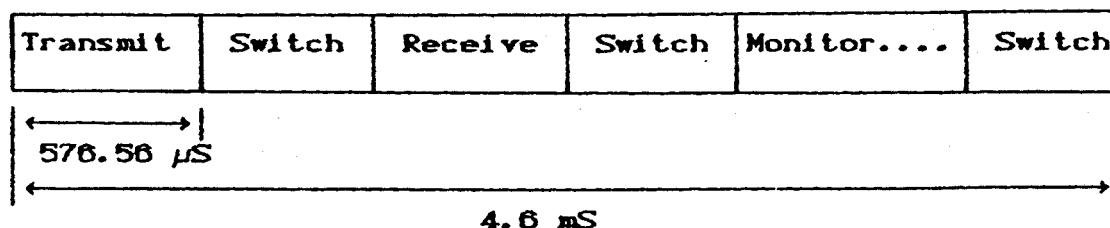
³⁵⁾ Kari Ahola, "Europe's GSM: Passage To Digital", Telecom Asia, Spring, hal. 19.

gambar 3.10). Data terdiri dari 2 set bit masing-masing panjangnya 57 bit, 2 set tail bit masing-masing panjangnya 3 bit, 21 bit training sequence dan 2 stealing flags masing-masing 1 bit.

Training sequence digunakan oleh penerima untuk sinkronisasi dan estimasi distorsi dalam kanal radio yang umumnya disebabkan oleh fenomena multipath. Training sequence adalah pola bit yang tertentu. Jadi dengan pengukuran distorsi pada pola bit dapat diestimasi. Stealing flag digunakan untuk menandakan penerima apakah bit-bit berisi data/voice atau signaling.

Struktur TDM dari PCN terdiri dari 8 time slot yang dikombinasikan pada satu sinyal kanal RF dengan bandwidth 200 KHz. Mobile Station (MS) memancarkan sinyal satu time slot dan menerima pada time slot lainnya, dari tersisa 1.3 tersedia untuk MS berpindah mode, dan tiga untuk monitoring. Ini berarti pada setiap kanal radio secara simultan 8 call dapat terjadi. setiap time slot panjangnya $576.92 \mu\text{s}$ sehingga pola berulang setiap 4.6 ms (lihat gambar 3.11).

Pemancaran, penerimaan dan fungsi monitoring



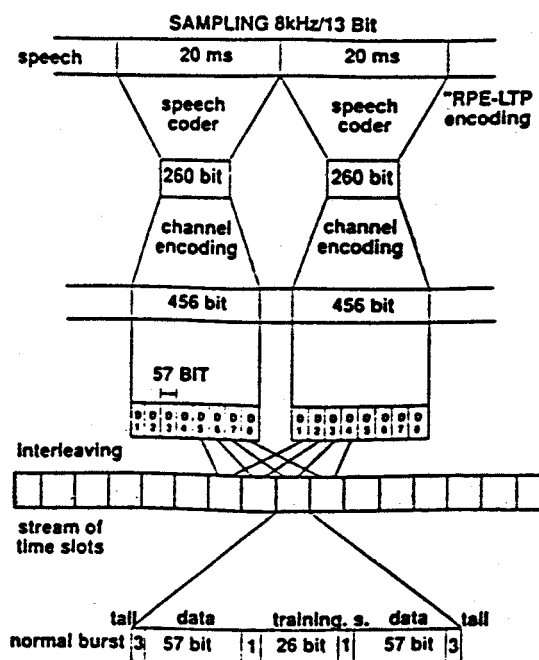
GAMBAR 3.11
TIMING PROSES KOMUNIKASI PCN

dilakukan pada frekuensi yang berbeda. Pancaran dan penerimaan berbeda 95 MHz, frekuensi monitoring dapat sebarang frekuensi dalam band penerimaan. Radionya mengalami hopping dari satu frekuensi lainnya sebagai 3 kali dalam waktu 4.6 mS .

C. Voice Coding

Pemancaran sinyal dari MS dan BS dilakukan secara burst, padahal kita ketahui bahwa sinyal pembicaraan adalah kontinyu. Perbedaan ini ditangani dengan membuat sinyal suara menjadi digital, sehingga dapat disimpan, dikirim lewat kanal radio dalam bentuk burst dan di sisi penerima diolah kembali menjadi sinyal semula. Pada sistem PSTN sinyal suara dibentuk menjadi digital dengan kecepatan 8000 sampel per detik dan dikodekan dengan 256 level yang berbeda dengan kecepatan 64 kbps. Sinyal suara dapat dibentuk kembali menjadi digital pada kecepatan yang lebih rendah, meskipun terjadi penurunan kualitas. Untuk memperoleh bit rate dengan kecepatan rendah digunakan speech codec (lihat gambar 3.12). Dalam sistem PCN dipilih RLP (Residually Exciter Linier Predictive) coder. Ini akan mengkodekan sinyal suara menjadi 13 kbps dengan kualitas yang hampir sama dengan PSTN. Perkembangan teknologi speech coder diharapkan dapat turun sampai 6.5 kbps sehingga akan meningkatkan kapasitas sistem.

Meskipun telah digunakan speech coder untuk mencapai kualitas yang tinggi, tetapi penurunan kualitas dapat terjadi karena adanya error. Pada kanal radio propagasi,



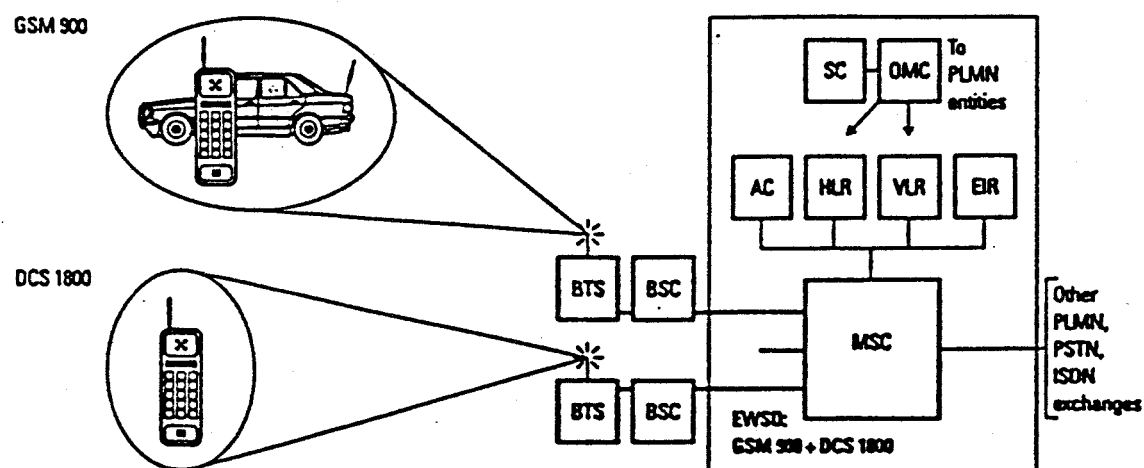
GAMBAR 3.12³⁰
SPEECH CODEC PCN

interferensi dan noise dapat menyebabkan gangguan yang menurunkan kualitas sinyal. Pada radio digital, interferensi dan propagasi dapat menyebabkan error pada bit-bit data. Jika error ini terjadi pada sinyal pembicaraan maka orang tidak akan menangkap inti dari pembicaraan tersebut. Oleh karena itu digunakan teknik error koreksi menyebabkan kecepatan bertambah menjadi 22 kbps. Kecenderungan error terjadi disebabkan oleh fading. Pada error koreksi dikenal teknik interleaving. Prinsip dasar interleaving adalah dengan memancarkan bit-bit data dengan urutan yang berbeda pada saat dibangkitkan. Proses penyusunan bit-bit data pada

³⁰ Ibid., hal. 19.

penerima akan merubah distribusi kesalahan. Pengkode kesalahan dapat dilakukan untuk menghasilkan kembali output yang baik apabila error masih di bawah batas disain yang ditentukan. Jika kualitasnya mengalami degradasi maka akan memberi sinyal ke BS yang akan menyebabkan handover untuk memilih BS yang lebih baik.

III.4.3. Konfigurasi PCN Dengan Sistem Lainnya



AC Athentication center
 BSC Base Station Controller
 BTS Basic Transceiver Station
 DCS Digital Personal Communi-
 cation
 EIR Equipment Identification
 Register
 PLMN Public Land Mobile Net
 work
 SC Service creation & acco-
 unting Center

GSM Global System for mo-
 bile Communications
 HLR Home Location Register
 MSC Mobile Service Switch-
 ing Center
 OMC Operating & Maintenance
 Center
 PSTN Public Switched Tele-
 phone Network
 VLR Visitor Location Regis-
 ter

GAMBAR 3.13³⁷⁾

INTERWORKING GSM DAN DCS-1800 DENGAN EWS

³⁷⁾ Josef Franz Huber, "PCNs: A Smart Way To Enlarge European Mobile Radio Networks", Telecom Report International System, Vol. 14, No. 4, hal. 29.

Teknologi PCN bisa diintegrasikan dengan sistem lain dalam hal ini PCN bisa berinterworking dengan GSM pada central digital EWSD (lihat gambar 3.13). Dimana kedua sistem standardnya sama. dari segi operasional PCN hampir sama dengan GSM, yang membedakan hanya pada kemampuan kapasitas kanal jauh lebih tinggi serta lebar frekuensi juga lebih tinggi (lihat tabel 3.3 dan 3.7). Konfigurasi PCN dengan GSM bisa merupakan proses pemecahan dari sel, akibat meningkatnya jumlah pelanggan (peningkatan kapasitas kanal), dimana sel semula (GSM) membelah menjadi sel-sel yang lebih kecil (PCN). Sel-sel yang besar biasa disebut largecell atau macrocell sedang sel-sel yang terbelah (sel-sel kecil) disebut smallcell atau microcell (lihat tabel 3.5).

III.4.4. Penomoran PCN/DCS-1800

Sistem penomoran PCN/DCS-1800 berstandard pada GSM. Pada dasarnya rencana penomoran baik pada pelanggan PSTN/ISDN maupun pelanggan PCN adalah berfungsi untuk melakukan hubungan baik dari pelanggan dari network PCN itu sendiri maupun dari network lain (PSTN/ISDN).

Rencana penomoran PCN mengacu pada lokasi/geografis kode area PSTN, namun dengan mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut :

- Mobilitas pelanggan, yang memungkinkan bergerak selama di dalam daerah service area.
- Evolusi atau trend mobile digital dengan GSM dan D-AMPS

berlanjut ke PCN/PCS yang selanjutnya akan menuju ke sistem Future Public Land Mobile Telecommunication System (FPLMTS) yang kesemua sistem tersebut nantinya terintegrasi dalam Universal Personal Telecommunication.

III.5. Perbandingan PCN Dengan Sistem Lainnya

Sistem PCN/DCS-1800 memiliki kelebihan jika dibanding dibandingkan dengan sistem cellular yang lainnya yaitu :

1. kualitas suara lebih baik karena semuanya memiliki teknologi digital.
2. Kerahasiaan terjamin karena adanya encryption, sehingga sinyal suara pembicaraan yang dipancarkan melalui radio tidak dapat didengar (anti jamming) oleh penerima walaupun memiliki frekuensi yang sama, hal ini telah diterapkannya frekuensi hopping TDMA pada sistem ini.
3. Kapasitas sistem sangat tinggi (lihat tabel 3.3).
4. Pelayanan data merupakan bagian yang terintegrasi dari sistem.
5. Penggunaan smart card memungkinkan pesawat telepon oleh orang lain yang memiliki smart card yang valid dengan biaya billing langsung dibebankan ke pemilik smart card.
6. Automatic international roaming, sehingga pemakai dapat menggunakan pesawat ke negara lain.
7. Memiliki fasilitas sleep mode sehingga batere lebih tahan lama.

Perbedaan Utama :

Keuntungan sistem PCN/DCS-1800 di atas diperoleh

dengan teknologi yang berbeda dengan sistem cellular analog.

Beberapa perbedaan utama itu adalah :

1. Sinyal dipancarkan dalam burst (Time Division Multiple Access).

TABEL 3.8³⁸⁾

PERBANDINGAN KARAKTERISTIK PCN DAN SISTEM LAINNYA

| | PSTN | UK-PCN | CT2 | DECT | U.S. CELLULAR (digital) |
|---------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|------------------|------------------------------|
| Frequency | n/a | 1.8GHz | 864-868MHz | 1.88-1.9GHz | 824-849MHz 869-894MHz |
| Access Method | wire | TDMA (U.S. CDMA) ¹ | FDMA/TDD | TDMA/TDD | TDMA (FDMA) ² |
| Channel Coding | 64kbps PCM | 13kbps RPE-LTP | 32kbps ADPCM | 32kbps ADPCM | 13.2kbps CELP 8kbps(ph.2) |
| Power (milliwatts) | n/a | 10 ³ | up to 10 | 10 | 600-3000 |
| Maximum Channels per Area | n/a | 992 (per GSM) | 40 | 132 | 2496 |
| Typical Cell Diameter | n/a | 0.8-5.6km | 0.32km (maximum) | 0.32km (maximum) | 1.6-32km |
| Two-way (public) | yes ⁴ | yes | no | no | yes |
| Two-way (private) | yes | yes | yes | yes ⁵ | yes |
| Handoff | no | yes | no | yes | yes |
| Initial Service Year | 1876 | 1993 | 1989 | 1991 | 1991 |

¹ CDMA (code division multiple access) is proposed for the United States PCNs.

² FDMA (frequency division multiple access) and TDMA (time division multiple access) are both supported to allow transition.

³ UK-PCN is considering higher power levels.

⁴ Payphones are sometimes restricted from receiving incoming calls.

⁵ Wireless PBX application.

n/a - not applicable

ADPCM - adaptive differential pulse code modulation

CELP - code-excited linear predictive coding

³⁸⁾ ———, "Personal Communications : The Demand For Mobility", Telecom Asia, Spring 1991, hal. 14.

2. Sinyal suara didigitalkan dan dikodekan dengan kecepatan rendah 13 kbps dan dipancarkan dalam bentuk format modulasi yang efisien.
3. Interferensi diperkecil adanya frekuensi hopping.
4. Pemancaran hanya jika seseorang sedang berbicara.
5. Pengontrolan daya yang ditransmisikan.

III.6. Pengembangan Telekomunikasi Di Masa Yang Akan Datang

Pengembangan telekomunikasi masa yang akan datang berorientasi pada bisnis terbesar di abad ke-21 tentang jasa dan teknologi yang berkembang sangat pesat, yang sangat mempengaruhi urat nadi globalisasi dan internasionalisasi dari informasi. Para ahli memperkirakan pada tahun 2000, bisnis jasa telekomunikasi akan mencapai US\$ 1.5 triliun, sedangkan di Indonesia baru akan mencapai sekitar Rp 15 triliun atau US\$ 7.5 miliar sekitar 0.6 % dari nilai global. Dengan kemajuan yang dicapai teknologi elektronika, teknologi micro menjadi nano atau teknologi molekuler yang mungkin akan menghasilkan nano circuit, nano computer bahkan nano machines maka mungkin perangkat-perangkat pintar dengan artificial intelligent akan semakin berkembang dan juga memasuki jaringan telekomunikasi masa depan. Seperti apa yang telah dijelaskan di bab-bab terdahulu bahwa nantinya teknologi telekomunikasi di Indonesia akan mengarah ke teknologi UPT. Menyimak berbagai kemajuan yang digambarkan diatas, maka patut kita pahami beberapa kecenderungan umum

menyangkut telekomunikasi masa depan :

1. Integrasi jasa akan tercipta pada kadar yang lebih tinggi dan lebih luas sehingga transmisi informasi secara digital akan terjadi dengan kapasitas dan kecepatan yang amat tinggi.
2. Jasa layanan telekomunikasi akan semakin menjurus pada layanan bergerak dengan terminal pribadi yang terintegrasi, dapat dipakai di kantor melalui WPBx, di luar kantor melalui cellular atau secara global melalui LEO atau UPT.
3. Jaringan akan semakin menjadi jaringan pintar (intelligent network) yang memungkinkan transaksi-transaksi yang kompleks, yang bersifat global (UPT). jaringan akan semakin mampu menganalisa keadaannya, memperbaiki kinerjanya secara otomatis.
4. Struktur jaringan telekomunikasi akan semakin kompleks, dengan hirarki yang canggih serta access yang tidak tidak tergantung jarak (distance intensive) sehingga memerlukan manajemen yang sangat canggih dan reformasi pentaripan. Nampak sistem kabotage, pemisahan domestik dan international akan semakin sulit dipertahankan .
5. Nilai jaringan telekomunikasi dan kecanggihannya akan semakin ditentukan oleh kandungan kepintarannya, oleh perangkat lunaknya. oleh karena itu perangkat lunak menjadi perhatian di masa yang akan datang.

III.6.1. Rencana Pengembangan

Dari beberapa solusi pengembangan telekomunikasi di Indonesia, rencana pengembangannya adalah sebagai berikut :

1. Memperluas jaringan cellular digital/PCN
2. Memanfaatkan jaringan telekomunikasi/telephoni/cellular yang telah ada khususnya yang memakai sistem analog (konvensional).
3. Mempersiapkan komponen pendukung sistem komunikasi global (UPT).

BAB IV

P E N U T U P

IV.1. KESIMPULAN

Dari pembahasan studi Penerapan Teknologi PCN Di Indonesia dapat diambil kesimpulan :

1. Dalam penerapan teknologi PCN di Indonesia berbagai standard yang perlu diperhatikan hal ini sangat penting, karena disamping kemudahan yang ada pada teknologi tersebut, kompatibilitas, keuntungan dan dampaknya bagi masyarakat luas.
2. Penerapan teknologi PCN di Indonesia telah dimulai dengan membangun infrastruktur teknologi tersebut yaitu telah terpasangnya STBC digital GSM dan sentral digital ISDN/EWSD di pulau Batam sebagai pilot proyek dari PT.Telkom.
3. Penerapan PCN/DCS-1800 pada daerah microcell dengan kapasitas trafik yang tinggi yaitu pada daerah urban, suburban.
4. Dari perhitungan kapasitas kanal PCN/DCS-1800 sebesar 3000 ch./cell atau 1000 sector/cell dan bila dibandingkan dengan kapasitas kanal dari GSM sekitar 3 kali kapasitas kanal GSM.

IV.2. SARAN

1. Bila nantinya, penerapan teknologi PCN memakai standard DCS-1800/GSM, Indonesia akan memperoleh keuntungan karena disamping bisa mengoptimalkan tingkat pelayanan juga tidak

perlu merubah sistem celullar yang ada (GSM) hal ini karena teknologi PCN identik dengan GSM. Roaming secara international yang ada pada GSM maupun PCN akan membantu dalam perdangan antar negara, mengingat masing-masing negara kawasan ASEAN khususnya Singapura telah menerapkan GSM, sehingga memungkinkan kontak dagang semakin berkembang dan perekonomian negara akan meningkat. Untuk itu sebaiknya dalam penerapannya nanti PCN/DCS-1800 bisa berinterworking dengan GSM yang terintegrasi pada central digital EWSD/ISDN.

2. Jika penerapan teknologi PCN memakai standard NADC/CDMA, akan mempermudah dalam berkomunikasi, ini karena CDMA memberikan kemampuan anti jamming, kapasitas kanal yang tinggi, interferensi antar kanal yang sama sangat kecil karena memakai code sequence yang berlainan. Dan untuk merealisasikan konsep PCN (anyone, anytime dan anywhere) agak lebih mudah memakai CDMA. Maka selayaknya perlu mendapat kajian yang lebih mendalam dari pihak PT. Telkom mengingat permasalahan dunia pertelekomunikasian yang akan datang semakin komplek.

DAFTAR PUSTAKA

1. A. Robin Potter, "Implemetation Of PCNs Using DCS1800", IEEE Communication Magazine, Desember 1992.
2. Donal C.Cox, "Wireless Network Access For Personal Communication", IEEE Communication Magazine, Desember 1992.
3. Endwood S,K , Chien, PhD.. "CDMA Technology and Microcellular Aplication Teknokran Communication", Berkeley, California USA, 1991.
4. Filip Lindel, "Radio Access Technologi Evolotion" , Ericson Review, Vol 3, 1993.
5. G.Calhoun, "Wireless and The Local Telecommunication Network ". Artech House Inc., London, 1992.
6. Hakan Erikson & Per Olot Nilson, "Development Of Radio Access In Cellular System-The Basis Of Personal Telephony". Ericson Review, No.1. 1991.
7. Josef Franz Huber, "PCNs : A Smart Way To Enlarge European Mobile Radio Network", Telecom Report International System, Vol. 14, No. 4.
8. Karl Ahola, "Europe's GSM : Passage To digital", Telecom Asia, Spring 1992.
9. Michael Paetsch. "The Evolution of Mobile Communication in The U.S and Europe : Regulation, Technology, and Markets. Artech House Inc., London, 1993.
10. M.K. Simon,et,al. " Spread Spectrum Communication. Computer Science Press, 1985.

11. Mauren Hugo & Andrew Rubin., "Personal Communication Network (PCND) : Their Application To NS/EP Telecommunications", IEEE, 1992.
12. Neil J. Boucher." *Cellular Radio Hand book*", Quantum Publishing Inc., California, 1990.
13. Robert C. Dixon. "Spread Spectrum System", John Wiley & Son Inc., New York, 1984.
14. Ray Fried, "Digital Cellular Communication", Hewlet Packard Co., YHP/Spokane Division.
15. R.A. Miska & N. Peshavaria, "Pesonal Communication : A Matter Of Time Not Technology", Trend In telecommunications, Vol 8. No.1.
16. Raymond Steele, "An Update On Personal Communication", IEEE Communication Magazine, Desember 1992.
17. Stanley Chia, "The Universal Mobile Communications System", IEEE Communication Magazine, Desember 1992.
18. V.H. Mac Donald, "The Cellular Concept", The Bell System Technical Journal Vol. 58 No.1, USA, January 19979.
19. W.C.Y.-Lee, "Cellular : An Easy Path To PCS", Telecom Asia, April 1992.
20. W.C.Y. Lee. "Spectrum Effisiency in Cellular", IEEE Trans, Veh Technol., Vol. 38. 69-75, 1989.
21. W.C.Y. Lee, "Mobile Communication Engineering", Mc graw Hill Book Co, USA, 1982.
22. _____ , " Telekomunikasi Jembatan kesenjangan Pembangunan Nasional" , PT. Telkom, Bandung, 1991.

L A M P I R A N

HASIL PERHITUNGAN DAERAH LIPUTAN PCN/DCS-1800

| TINGGI ANTENA (M) | | DAYA PANCAR | RUGI-RUGI (dB) | | GAIN ANTENA TX (dB) | | ERP TOTAL | DAERAH LIPUTAN (KM) | | | DAERAH INTERFERENSI (KM) | | |
|-------------------|-----|-------------|----------------|-----------|---------------------|-------|-----------|---------------------|-----------|-------|--------------------------|-----------|-------|
| TX | RX | (dBm) | REDAMAN | SAMBUNGAN | SEKTOR | TOTAL | (dB) | RURAL | SUB URBAN | URBAN | RURAL | SUB URBAN | URBAN |
| 30 | 1.5 | 30 | -2 | -1 | 17 | 14 | 44 | 10.8952 | 1.534581 | 0.475 | 0.006 | 0.002 | 0.001 |
| 29 | 1.5 | 28 | -2 | -1 | 17 | 14 | 42 | 9.37604 | 1.327695 | 0.412 | 0.005 | 0.001 | |
| 25 | 1.5 | 25 | -1.5 | -1.5 | 16.5 | 13.5 | 38.5 | 6.87452 | 0.995775 | 0.313 | 0.004 | 0.001 | |
| 30 | 1.5 | 30 | -2 | -1 | 16.5 | 13.5 | 43.5 | 10.5336 | 1.483013 | 0.459 | 0.005 | 0.001 | |
| 25 | 1.5 | 29 | -1.5 | -1.5 | 17 | 14 | 43 | 9.04751 | 1.302180 | 0.406 | 0.005 | 0.001 | |
| 20 | 1.5 | 31 | -1 | -2 | 16 | 13 | 44 | 8.52142 | 1.268654 | 0.404 | 0.006 | 0.002 | |
| 25 | 1.5 | 26 | -2 | -1 | 17 | 14 | 40 | 7.72887 | 1.128880 | 0.359 | 0.004 | 0.001 | |
| 27 | 1.5 | 30 | -1 | -2 | 17 | 14 | 44 | 10.2816 | 1.474233 | 0.462 | 0.006 | 0.002 | |
| 25 | 1.5 | 25 | -2 | -1 | 16.6 | 13.6 | 38.6 | 6.92617 | 1.003690 | 0.316 | 0.004 | 0.001 | |
| 20 | 1.5 | 30 | -1 | -2 | 16 | 13 | 43 | 7.99876 | 1.190842 | 0.379 | 0.005 | 0.001 | |
| 20 | 1.5 | 30 | -1.5 | -1.5 | 17 | 13 | 44 | 8.82591 | 1.333119 | 0.433 | 0.006 | 0.002 | |

11 JAN 1994

EE 1799 TUGAS AKHIR - 6 SKS

Nama Mahasiswa : DJASULI
Nomor pokok : 2912201781
Tugas Diberikan : Desember 1993
Tugas Diselesaikan : Februari 1994
Dosen Pembimbing I : Ir. M. Aries Purnomo
Dosen Pembimbing II : Ir. Achmad Ansori
Judul Tugas Akhir : STUDI PENERAPAN TEKNOLOGI PCN DI INDONESIA

Uraian Tugas Akhir :

Perkembangan teknologi khususnya dibidang telekomunikasi dewasa ini berkembang sangat pesat, sejalan dengan kebutuhan akan informasi yang kian hari dirasa semakin meningkat. Perkembangan teknologi telekomunikasi sebenarnya dimaksudkan untuk menyampaikan informasi sebanyak banyaknya dan dalam waktu relatif singkat. Seiring dengan itu meningkatlah pula kebutuhan telekomunikasi yang meminta pelayanan bersifat rahasia dan pribadi, hal ini sebenarnya bisa didapatkan dengan adanya jaringan komunikasi personal atau biasa disebut PCN. Jaringan komunikasi ini bisa diintegrasikan ke bentuk jaringan komunikasi yang lain. Pada tugas akhir ini akan dibahas mengenai Studi Penerapan Teknologi Personal Communication Network (PCN) Di Indonesia, yang sebenarnya kelanjutan dari teknologi selular yang sudah ada.

Surabaya, 18 Desember 1993

Menyetujui

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,

(Ir. M. Aries Purnomo)

NIP. 130 532 040

(Ir. Achmad Ansori)

NIP. 131 855 878

Menyetujui

Bidang Studi Teknik Telekomunikasi
Koordinator,

Mengetahui

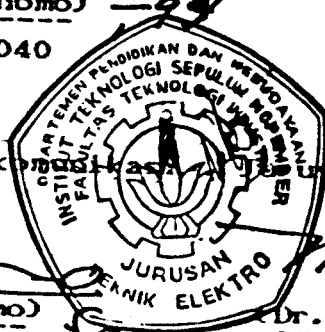
Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS
Ketua,

(Ir. M. Aries Purnomo)

NIP. 130 532 040

(Dr. Ir. M. Salehudin, M. Eng. Sc)

NIP. 130 532 026



USULAN TUGAS AKHIR

A. JUDUL TUGAS AKHIR : STUDI PENERAPAN TEKNOLOGI PERSONAL COMMUNICATION NETWORK (PCN) DI INDONESIA

B. RUANG LINGKUP : -TEKNIK SWITCHING DAN TELEFONI
-TRANSMISI DATA
-SISKOM SATELIT
-SISTEM TRANSMISI TELEKOMUNIKASI
-SISKOM BERGERAK

C. LATAR BELAKANG : -Kebutuhan akan kualitas pelayanan telekomunikasi yang mudah, cepat, dimanapun, kapanpun serta bersifat pribadi sangat diperlukan pada kondisi negara yang mengalami kemajuan di segala bidang.

-Teknologi PCN salah satu sarana tolak ukur untuk mencapai kemajuan per telekomunikasian di Indonesia, karena sistem jaringan ini memberikan keuntungan bagi masyarakat pemakai jasa informasi/telepon selular. Ini karena teknologi tersebut memberikan kemudahan bagi pemakai :

sangat pribadi, setiap saat dan di manapun bisa berhubungan.

-Penerapan teknologi PCN di Indonesia, telah dipersiapkan infrastruktur pendukung teknologi tersebut. Kemampuannya dalam mengatasi multipath fading, sistem bisa diintegrasikan pada sistem lainnya serta jangkauannya lebih luas karena bisa memanfaatkan teknologi satellite (single mode dan multi mode).

D. PENELAAHAN STUDI : -Mempelajari konsep PCN
-Mempelajari Sistem Radio Mobile khususnya PCN/DCS-1800
-Penganalisaan perencanaan sel
-Membandingkan PCN dengan sistem yang lainnya
-Rencana pengembangan telekomunikasi di masa yang akan datang

E. TUJUAN : Memperoleh gambaran sistem PCN kemudian mencari kemungkinan-kemungkinan yang ada sehingga teknologi tersebut layak untuk di terapkan di Indonesia

F. LANGKAH-LANGKAH : 1. Studi literatur
2. Pengumpulan data

3. Pembahasan

4. Penyusunan buku

G. RELEVANSI

: Studi penerapan teknologi PCN di Indonesia ini nantinya diharapkan dapat direalisasikan di Indonesia, di mana teknologi tersebut merupakan kelanjutan sistem cellular, khususnya sistem cellular digital yang ada di Indonesia.

H. JADWAL KEGIATAN

: Diharapkan seluruh kegiatan selesai dalam jangka waktu enam bulan, dengan jadwal sebagai berikut :

| NO | KEGIATAN | BULAN KE | | | | | |
|----|------------------|----------|----|-----|----|---|----|
| | | I | II | III | IV | V | VI |
| 1 | Studi Literatur | | | | | | |
| 2 | Pengumpulan Data | | | | | | |
| 3 | Pembahasan | | | | | | |
| 4 | Penyusunan buku | | | | | | |

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : DJASULI
Tempat lahir : Surabaya
Tanggal lahir : 09 juli 1966
Agama : Islam
Nama ayah : H.M. Shadiq (Alm)
Nama Ibu : Hj. Atika
Alamat : Ketandan Punden
10 Surabaya

Penulis adalah putra ke 4 dari 9 bersaudara.

Riwayat Pendidikan :

1. SD Th.W.Maarif Surabaya, lulus tahun 1979.
2. SMP GIKI Diponegoro Surabaya, lulus tahun 1982.
3. MAN Surabaya, lulus tahun 1985 dan diterima di FKG-UNAIR.
4. DIII-Elektro ITS, masuk tahun 1986 lulus tahun 1989.
6. Diterima di jurusan Teknik Elektro FTI-ITS, Bidang Studi Teknik Telekomunikasi melalui program lintas jalur dengan Nrp. 2912201781.

Riwayat Pekerjaan :

Pernah bekerja di PUD. Proboliggo pada difisi teknik, dari tahun 1989 sampai 1991.